

Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte final de carrera

**Disseny d'una instal·lació fotovoltaica
connectada a la xarxa per a una vivenda unifamiliar**

Autor: Gerard Talavera Codina
Directora: Lluïsa F. Cabeza Fabra
Gener de 2007

0. ÍNDEX GENERAL

Índex general

0. ÍNDEX GENERAL.....	I
Índex general.....	II
Índex de taules.....	VI
Índex de figures.....	X
1. MEMÒRIA.....	I
Full d'identificació.....	2
Índex de la Memòria	3
1.1. Introducció	5
1.1.1. Les energies renovables.....	5
1.1.2. L'energia solar	7
1.1.3. L'efecte fotovoltaic	8
1.1.4. Avantatges i inconvenients de les instal·lacions fotovoltaiques	9
1.1.5. Desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica.....	10
1.1.6. Instal·lacions fotovoltaiques connectades a xarxa	11
1.2. Objecte	13
1.3. Abast	14
1.4. Antecedents	15
1.5. Normes i referències	16
1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades.....	16
1.5.2. Bibliografia.....	16
1.5.3. Programes de càlcul.....	16
1.5.4. Altres referències.....	17
1.6. Definicions i abreviacions	18
1.6.1. Definicions.....	18
1.6.2. Abreviacions	21
1.7. Dades de partida.....	22
1.7.1. Ubicació	22
1.7.2. Descripció de la vivenda	22
1.8. Anàlisis de solucions.....	24

1.8.1.	Sistemes de captació.....	24
1.8.2.	Selecció del sistema de captació	27
1.8.3.	Tipus de panells fotovoltaics	28
1.8.4.	Selecció del model de panell solar	29
1.8.5.	Selecció de la distribució en planta dels panells solars.	30
1.8.6.	Tipus d'inversors	32
1.8.7.	Selecció de l'inversor	34
1.8.8.	Selecció de la millor alternativa.....	36
1.9.	Subvencions i ajuts.....	37
1.10.	Resultats finals	38
1.10.1.	Descripció de la instal·lació.....	38
1.10.2.	Dades tècniques de la instal·lació	49
1.11.	Planificació.....	50
1.12.	Conclusions	52
1.13.	Agraïments	53
2.	ANNEXES.....	54
	Índex dels Annexes.....	55
2.1.	Càlculs	56
2.1.1.	Càlcul de l'energia solar incident i la inclinació òptima dels panells.....	56
2.1.2.	Càlcul de la separació de les files de panells segons l'IDAE	61
2.1.3.	Càlcul de la potència nominal de l'inversor	62
2.1.4.	Càlcul de les pèrdues per ombres entre els propis panells	63
2.1.5.	Càlcul de l'energia generada	96
2.1.6.	Dimensionat de la instal·lació elèctrica.	98
2.1.7.	Dimensionat dels elements de protecció.....	109
2.1.8.	Dimensionat de la línia de terra.....	111
2.1.9.	Càlcul de la sobrecarrega suportada per la coberta	113
2.2.	Estudi econòmic i mediambiental.....	117
2.2.1.	Facturació anual	117
2.2.2.	Inversió	119
2.2.3.	Costos de manteniment.....	120
2.2.4.	Balanç econòmic i valoració de la rendibilitat	120
2.2.5.	Estalvi en les emissions de diòxid de carboni	124

2.3.	<i>Seguretat i salut.....</i>	<i>125</i>
2.3.1.	<i>Prevenició de riscos en l'obra.....</i>	<i>125</i>
2.4.	<i>Catàlegs de components.....</i>	<i>131</i>
2.5.	<i>Taules i diagrames.....</i>	<i>132</i>
2.5.1.	<i>Informació emprada en el càlcul de l'energia solar.....</i>	<i>132</i>
2.5.2.	<i>Informació emprada per a realitzar el pressupost estimatiu.....</i>	<i>133</i>
3.	<i>PLÀNOLS.....</i>	<i>134</i>
	<i>Índex de Plànols.....</i>	<i>135</i>
	<i>Plànol n° 1: Situació.....</i>	<i>136</i>
	<i>Plànol n° 2: Emplaçament.....</i>	<i>137</i>
	<i>Plànol n° 3: Vista interior.....</i>	<i>138</i>
	<i>Plànol n° 4: Coberta.....</i>	<i>139</i>
	<i>Plànol n° 5: Façanes nord i sud.....</i>	<i>140</i>
	<i>Plànol n° 6: Façanes est i oest.....</i>	<i>141</i>
	<i>Plànol n°7: Esquema elèctric unifilar.....</i>	<i>142</i>
	<i>Plànol n° 8: Vista en planta de les instal·lacions de la teulada.....</i>	<i>143</i>
	<i>Plànol n° 9: Vista des de la façana sud de les instal·lacions de la teulada.....</i>	<i>144</i>
	<i>Plànol n° 10: Vista de de la façana oest de les instal·lacions de la teulada.....</i>	<i>145</i>
	<i>Plànol n° 11: Vista en planta de les instal·lacions interiors.....</i>	<i>146</i>
	<i>Plànol n° 12: Vista en alçat de les instal·lacions interiors.....</i>	<i>147</i>
4.	<i>PLEC DE CONDICIONS.....</i>	<i>148</i>
	<i>Índex del Plec de condicions.....</i>	<i>149</i>
4.1.	<i>Normativa.....</i>	<i>150</i>
4.1.	<i>Manteniment de la instal·lació.....</i>	<i>151</i>
4.1.1.	<i>Manteniment a càrrec del usuari.....</i>	<i>151</i>
4.1.2.	<i>Manteniment a càrrec del servei tècnic.....</i>	<i>151</i>
4.2.	<i>Fulls d'especificacions.....</i>	<i>153</i>
5.	<i>ESTAT D'AMIDAMENTS.....</i>	<i>165</i>
	<i>Índex de l'Estat d'amidaments.....</i>	<i>166</i>

5.1. Relació de partides	167
5.2. Estat d'amidaments per partides	168
5.2.1. Partida 1: Sistema fotovoltaic	168
5.2.2. Partida 2: Sistema elèctric	168
5.2.3. Partida 3: Mà d'obra	169
6. PRESSUPOST	170
Índex del Pressupost.....	171
6.1. Preus unitaris	172
6.1.1. Preus unitaris de la partida 1: Sistema fotovoltaic	172
6.1.2. Preus unitaris de la partida 2: Sistema elèctric	172
6.1.3. Preus unitaris de la partida 3: Mà d'obra	174
6.2. Pressupost per partides	175
6.2.1. Pressupost de la partida 1: Sistema fotovoltaic	175
6.2.2. Pressupost de la partida 2: Sistema elèctric	175
6.2.3. Pressupost de la partida 3: Mà d'obra.....	177
6.2.4. Resum del pressupost per partides	177
6.3. Pressupost general	178

Índex de taules

1. Taules de la Memòria

Taula 1.1 Comparativa dels diferents sistemes de captació.	27
Taula 1.2. Eficiència dels mòduls solars segons el tipus de silici	29
Taula 1.3. Taula comparativa de panells solar.	29
Taula 1.4. Models d'inversors per a l'opció de 24 panells.....	35
Taula 1.5. Models d'inversors per a l'opció de 30 panells.....	35
Taula 1.6. Característiques tècniques mòdul fotovoltaic BP7180.....	39
Taula 1.7. Característiques tècniques de l'inversor.....	41
Taula 1.8. Codificació cromàtica dels conductors d'alterna.	42
Taula 1.9. Codificació cromàtica dels conductors de corrent continu.....	42
Taula 1.10. Secció dels conductors utilitzats.....	45
Taula 1.11. Característiques tècniques del quadre de proteccions.	47
Taula 1.12. Secció dels conductors de protecció.....	48
Taula 1.13. Diagrama de Gantt de la execució del projecte	51

2. Taules dels Annexes

Taula 2.1. Radiació solar sobre una superfície horitzontal a la ciutat de Lleida.	56
Taula 2.2. Dia característic de cada mes.	57
Taula 2.3. Reflectància del sòl.	58
Taula 2.4. Índex de nuvolositat i dies de cada mes.	58
Taula 2.5. Valors que no depenen de la inclinació.....	59
Taula 2.6. Valors de radiació mensual i anual pels angles que van des de 25° fins a 45°	60
Taula 2.7. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de gener (1).	67
Taula 2.8. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de gener (2).	68
Taula 2.9. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de febrer (1).....	69
Taula 2.10. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de febrer (2).....	70
Taula 2.11. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de març (1).	71
Taula 2.12. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de març (2).	72
Taula 2.13. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'abril (1).	73
Taula 2.14. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de d'abril (2).....	74
Taula 2.15. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de d'abril (3).....	75
Taula 2.16. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (1).	76
Taula 2.17. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (2).	77
Taula 2.18. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (3).	78

Taula 2.19. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (1).	79
Taula 2.20. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (2).	80
Taula 2.21. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (3).	81
Taula 2.22. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (1).	82
Taula 2.23. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (2).	83
Taula 2.24. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (3).	84
Taula 2.25. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (1).	85
Taula 2.26. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (2).	86
Taula 2.27. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (3).	87
Taula 2.28. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de setembre (1).	88
Taula 2.29. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de setembre (2).	89
Taula 2.30. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'octubre (1).	90
Taula 2.31. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'octubre (2).	91
Taula 2.32. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de novembre (1).	92
Taula 2.33. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de novembre (2).	93
Taula 2.34. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de desembre (1).	94
Taula 2.35. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de desembre (2).	95
Taula 2.36. Pèrdues anuals per ombres.	96
Taula 2.37. Càlcul de l'energia venuda per a cada alternativa.	97
Taula 2.38. Factors de correcció per a temperatures	101
Taula 2.39. Factor de correcció segons la temperatura del terreny.	102
Taula 2.40. Intensitat màxima admissible suportada per cada línia.	102
Taula 2.41. Intensitats admissibles (A) per a una temperatura ambient de 40°C.	103
Taula 2.42. Intensitat admissible (A) per cables enterrats amb una temperatura del terra de 25°C.	104
Taula 2.43. Secció mínima dels conductors tenint en compte la capacitat tèrmica dels mateixos.	105
Taula 2.44. Secció mínima dels conductors tenint en compte la caiguda de tensió	106
Taula 2.45. Secció dels cables conductors	107
Taula 2.46. Diàmetre exterior dels tubs per a canalitzacions fixes a la superfície.	107
Taula 2.47. Diàmetre exterior dels tubs per a canalitzacions enterrades.	108
Taula 2.48. Diàmetre exterior dels tubs segons la línia.	108
Taula 2.49. Classificació dels limitadors de sobretensió.	110
Taula 2.50. Resistivitat segons el tipus de terreny.	112
Taula 2.51. Secció dels conductors de protecció segons la secció dels conductors de fase.	113
Taula 2.52. Secció dels conductors de protecció.	113
Taula 2.53. Sobrecarregues per ús.	114
Taula 2.54. Pressió dinàmica del vent.	115

Taula 2.55. Coeficient eòlic de sobrecarrega.	116
Taula 2.56. Ingressos per la venda d'energia.	118
Taula 2.57. Pressupost estimatiu de l'opció 1.	119
Taula 2.58. Pressupost estimatiu de l'opció 2.	119
Taula 2.59. Cost de l'assegurança del primer any.	120
Taula 2.60. Balanç econòmic opció 24 panells.	121
Taula 2.61. Balanç econòmic opció 30 panells.	122
Taula 2.62. Càlcul del període de retorn per a cada alternativa (Valors en €).	123
Taula 2.63. Taxa interna de rendibilitat per a cada alternativa.	123
Taula 2.64. Reducció en les emissions de CO ₂ per a cada alternativa.	124

4. Taules del Plec de condicions

Taula 4.1. Full d'especificacions dels panells fotovoltaics.	154
Taula 4.2. Full d'especificacions de l'inversor.	155
Taula 4.3. Full d'especificacions del comptador elèctric.	156
Taula 4.4. Full d'especificacions dels conductors elèctrics.	157
Taula 4.5. Full d'especificacions de l'equip de control i diagnòstic.	157
Taula 4.6. Full d'especificacions de l'estructura de suport.	158
Taula 4.7. Full d'especificacions protecció conductor enterrat.	158
Taula 4.8. Full d'especificacions del quadre de proteccions.	159
Taula 4.9. Full d'especificacions de l'interruptor magnetotèrmic.	160
Taula 4.10. Full d'especificacions de l'interruptor general (ICP-M).	160
Taula 4.11. Full d'especificacions del limitador de sobretensions.	161
Taula 4.12. Full d'especificacions de l'interruptor diferencial.	161
Taula 4.13. Full d'especificacions de l'interruptor manual seccionador.	162
Taula 4.14. Full d'especificacions del fusible.	162
Taula 4.15. Full d'especificacions de la base porta fusibles.	163
Taula 4.16. Full d'especificacions de la regleta de connexions.	163
Taula 4.17. Full d'especificacions de l'estructura de suport.	164

5. Taules de la Memòria

Taula 5.1. Amidaments de la partida 1.	168
Taula 5.2. Amidaments de la partida 2.	168
Taula 5.3. Amidaments de la partida 2 (continuació).	169
Taula 5.4. Amidaments de la partida 3.	169

6. Taules del Pressupost

Taula 6.1. Preus unitaris de la partida 1.	172
Taula 6.2. Preus unitaris de la partida 2.	172
Taula 6.3. Preus unitaris de la partida 2 (continuació).	173
Taula 6.4. Preus unitaris de la partida 3.	174
Taula 6.5. Preus unitaris de la partida 1.	175
Taula 6.6. Pressupost de la partida 2 (1).	175
Taula 6.7. Pressupost de la partida 2 (2).	176
Taula 6.8. Pressupost de la partida 2 (3).	177
Taula 6.9. Pressupost de la partida 3.	177
Taula 6.10. Resum del pressupost per partides	177
Taula 6.11. Pressupost general.	178

Índex de figures

1. Figures de la Memòria

Figura 1.1. Consum energètic mundial en milions de tones de petroli.	5
Figura 1.2. Distribució de l'energia primària a Espanya l'any 2004.	6
Figura 1.3. Distribució de les energies renovables a Espanya l'any 2004.	7
Figura 1.4. Moviment de la terra al voltant del Sol.	8
Figura 1.5. Posició de la superfície captadora respecte de l'angle solar.	8
Figura 1.6. Desenvolupament de l'energia fotovoltaica al Mon i a la U.E. l'any 2004.	10
Figura 1.7. Esquema de principi d'una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa.	12
Figura 1.8. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre teulada inclinada.	25
Figura 1.9. Muntatge de mòduls fotovoltaics dins de la teulada.	25
Figura 1.10. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre coberta plana.	26
Figura 1.11. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre façana.	26
Figura 1.12. Sistema de seguiment solar de dos eixos.	27
Figura 1.13. Distribució dels panells per a l'alternativa 1.	31
Figura 1.14. Distribució dels panells per a l'alternativa 2.	31
Figura 1.15. Ona produïda per un inversor d'ona quadrada.	33
Figura 1.16. Ona produïda per un inversor d'ona modificada.	33
Figura 1.17. Ona produïda per un inversor d'ona sinodal.	34
Figura 1.18. Caixa de protecció i mesura amb escomesa subterrània.	43

2. Figures dels Annexes

Figura 2.1. Representació gràfica dels valors de radiació mensual i anual.	61
Figura 2.2. Vista esquemàtica dels panells.	62
Figura 2.3. Perfil dels col·lector damunt de la coberta plana.	63
Figura 2.4. Connexió dels mòduls a l'inversor.	99
Figura 2.5. Dies de tempesta a l'any.	110
Figura 2.6. Article 2 del Reial Decret 436/2004.	117
Figura 2.7. Article 22 del Reial Decret 436/2004.	118
Figura 2.8. Article 33 del Reial Decret 436/2004.	118
Figura 2.9. Radiació solar sobre una superfície horitzontal i índex de nubositat.	132
Figura 2.10. Informe de l'ASIF sobre els preus de les instal·lacions fotovoltaïques.	133

1. MEMÒRIA

Full d'identificació

Dades del projecte

Títol del projecte: Disseny d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa per a una vivenda unifamiliar.

Dades del promotor

Nom i cognoms: *Lourdes Codina Garcia*

N.I.F.: 40860241-M

Direcció: *Camí del Burro n°8
25004, Lleida
Catalunya*

Telèfon: 973243202

Dades del projectista

Nom i cognoms: *Gerard Talavera Codina*

N.I.F.: 41740201-P

Direcció: *C/Bonaire n°8 4rt A
25004, Lleida
Catalunya*

Telèfon: 973243202 / 639743416

Correu electrònic: *gtala@hotmail.com*

Signen els anteriorment mencionats:

El promotor

El projectista

Lourdes Codina Garcia

Gerard Talavera Codina

Lleida, de 2006.

Índex de la Memòria

Full d'identificació	2
Índex de la Memòria	3
1.1. Introducció	5
1.1.1. Les energies renovables	5
1.1.2. L'energia solar	7
1.1.3. L'efecte fotovoltaic	8
1.1.4. Avantatges i inconvenients de les instal·lacions fotovoltaïques	9
1.1.5. Desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica	10
1.1.6. Instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa	11
1.2. Objecte	13
1.3. Abast	14
1.4. Antecedents	15
1.5. Normes i referències	16
1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades	16
1.5.2. Bibliografia	16
1.5.3. Programes de càlcul	16
1.5.4. Altres referències	17
1.6. Definicions i abreviacions	18
1.6.1. Definicions	18
1.6.2. Abreviacions	21
1.7. Dades de partida	22
1.7.1. Ubicació	22
1.7.2. Descripció de la vivenda	22
1.8. Anàlisis de solucions	24
1.8.1. Sistemes de captació	24
1.8.2. Selecció del sistema de captació	27
1.8.3. Tipus de panells fotovoltaics	28
1.8.4. Selecció del model de panell solar	29
1.8.5. Selecció de la distribució en planta dels panells solars	30

<i>1.8.6. Tipus d'inversors</i>	<i>32</i>
<i>1.8.7. Selecció de l'inversor</i>	<i>34</i>
<i>1.8.8. Selecció de la millor alternativa.....</i>	<i>36</i>
<i>1.9. Subvencions i ajuts.....</i>	<i>37</i>
<i>1.10. Resultats finals</i>	<i>38</i>
<i>1.10.1. Descripció de la instal·lació.....</i>	<i>38</i>
<i>1.10.2. Dades tècniques de la instal·lació</i>	<i>49</i>
<i>1.11. Planificació.....</i>	<i>50</i>
<i>1.12. Conclusions</i>	<i>52</i>
<i>1.13. Agraïments</i>	<i>53</i>

1.1. Introducció

En els últims anys el creixement econòmic ha anat lligat al consum d'energia, per tant, és important garantir que aquest fort creixement econòmic mundial produeixi el mínim impacte mediambiental. La generació, el transport i la utilització de l'energia implica un impacte sobre el medi ambient. Com s'observa a la Figura 1.1, el consum energètic mundial gairebé s'ha triplicat en els últims 40 anys.

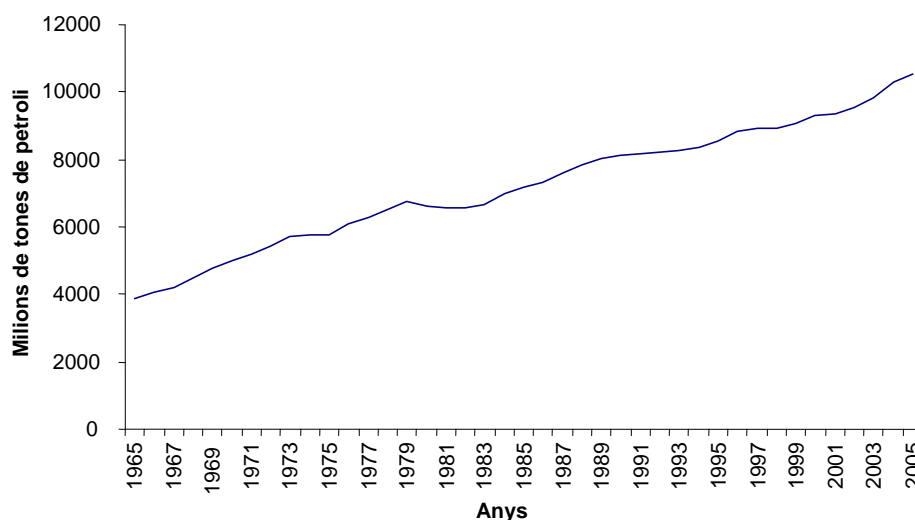


Figura 1.1. Consum energètic mundial en milions de tones de petroli.

Les principals fonts d'energia utilitzades actualment són els combustibles fòssils, els quals tenen unes reserves molt limitades. L'única tecnologia realment disponible capaç de suplir l'actual producció energètica basada en el carbó, el petroli i el gas és l'energia nuclear, però els seus alts costos econòmics inicials i els socials, fruit de les mesures de seguretat i el tractament dels residus, la fan de difícil implantació.

Per tot això, és necessari cercar alternatives per a la generació d'energia durant els propers anys. Els principals requisits que haurien de complir aquestes solucions són garantir el subministrament il·limitat amb una qualitat estable, mínim impacte ambiental i un cost econòmic total competitiu amb la resta d'energies disponibles en el moment.

Actualment la millor alternativa a les energies fòssils són les energies renovables.

1.1.1. Les energies renovables

Les energies renovables són aquelles que es produeixen de forma continua i són inesgotables a escala humana: solar, eòlica, hidràulica, biomassa i geotèrmica.

Són fonts d'abastiment energètic respectuoses amb el medi ambient. Això no significa que no ocasionin efectes negatius sobre l'entorn, però són infinitament menors si es comparen amb l'impacte ambiental de les energies convencionals (combustibles fòssils i l'energia nuclear) i, a més, gairebé sempre són reversibles. S'estima que l'impacte ambiental de la generació d'energia elèctrica mitjançant mètodes convencionals és 31 vegades superior al de les energies renovables.

Les principals avantatges mediambientals són la no emissió de gasos contaminants com els resultats de la combustió de combustibles fòssils, responsables de l'escalfament global del planeta (CO_2) i de la pluja àcida (SO_2) i la no generació de residus perillosos de difícil tractament i que suposen durant generacions una amenaça per al medi ambient, com són els residus radioactius provinents de l'ús d'energia nuclear.

Un dels altres avantatges que ofereixen les energies renovables és que contribueixen a l'equilibri territorial, ja que poden instal·lar-se en zones rurals o aïllades, disminueixen la dependència de subministres externes i, per tant, redueixen la necessitat del transport d'elles mateixes.

Tot i això, la utilització d'energies renovables continua representant una fracció molt baixa del consum total d'energia mundial (Figura 1.2).

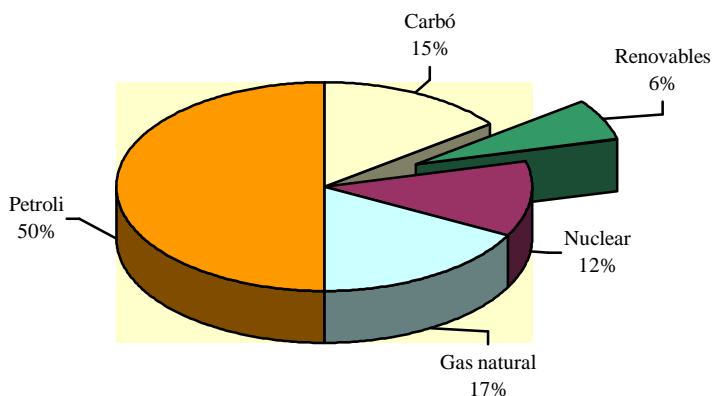


Figura 1.2. Distribució de l'energia primària a Espanya l'any 2004.

L'origen de totes les energies renovables és el Sol, ja que provoca a la Terra diferències de pressió que donen origen als vents: font d'energia eòlica, ordena el cicle de l'aigua ja que causa evaporació que provoca formació de núvols i per tant pluges: font d'energia hidràulica, serveix a les plantes per a la vida i creixement: font de biomassa i és la font directa de l'energia solar, tant tèrmica com fotovoltaica (Figura 1.3).

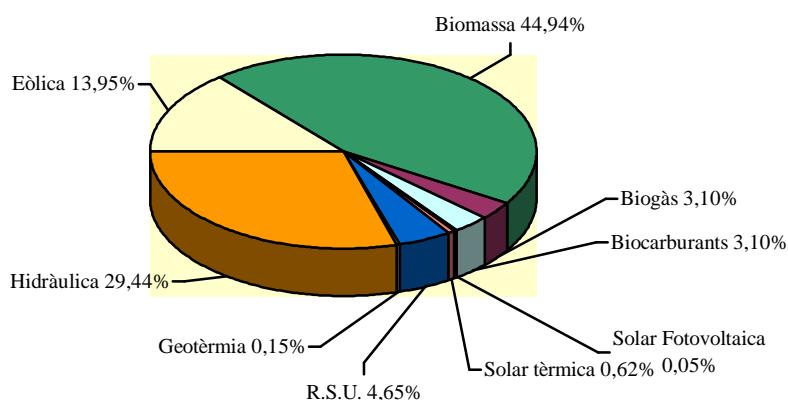


Figura 1.3. Distribució de les energies renovables a Espanya l'any 2004.

1.1.2. L'energia solar

L'energia solar és aquella que proporciona el Sol. Aquesta energia és renovable, ja que en l'horitzó temporal humà és una energia inesgotable, però el seu major inconvenient radica en com poder convertir-la, d'una manera eficient, en energia aprofitable. La tecnologia actual, en aquest sentit, va dirigida cap a dos direccions: la conversió elèctrica i la conversió tèrmica.

El Sol es compon principalment d'hidrogen (90%) i heli (7%), els elements primaris de la matèria. En ell es produeixen fusions nuclears que produeixen energia en forma de rajos gamma. Aquestes ones són similars als rajos X però de menor longitud.

L'energia que el Sol emet a l'espai és una radiació electromagnètica, capaç de desplaçar-se sense matèria, en el buit. I arriba perpendicularment a la superfície exterior de l'atmosfera amb una intensitat mitja de 1353 W/m^2 .

La radiació que es rep a la superfície de la Terra, és a dir, la que captaran els col·lectors solars o les plaques fotovoltaïques, és lleugerament inferior a la que es captaria en el límit exterior de l'atmosfera, és d'uns 1000 W/m^2 , degut a l'efecte de dispersió i absorció.

Però tot i això, l'energia captada en una superfície terrestre no és la mateixa en tots els punts de la Terra, aquesta depèn de la posició de la terra respecte del Sol. A mesura que la Terra gira al voltant del Sol, seguint una trajectòria el·líptica (Figura 1.4), gira a la vegada al voltant d'un eix imaginari que apunta cap a l'estrella Polar (moviment de rotació). L'eix normal a aquest està inclinat aproximadament uns $23,45^\circ$ respecte del pla orbital, al girar la terra al voltant del Sol, l'angle entre l'Equador terrestre i el pla orbital marcat per la línia Sol-Terra (declinació) varia al llarg de l'any entre $\pm 23,45^\circ$.

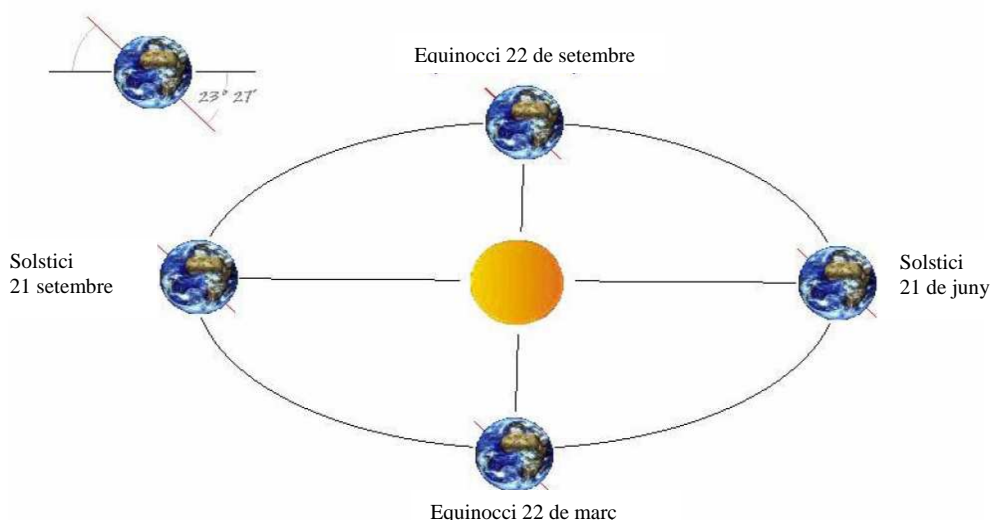


Figura 1.4. Moviment de la terra al voltant del Sol.

Per arribar al disseny d'un equip que aprofiti l'energia solar, s'ha de poder predir l'angle solar respecte d'una superfície horitzontal (Figura 1.5), per tal de poder determinar l'angle òptim amb el qual es captarà la major quantitat d'energia solar. Aquest dependrà de la posició del punt a la Terra (latitud), del dia, de l'any i del moment del dia.

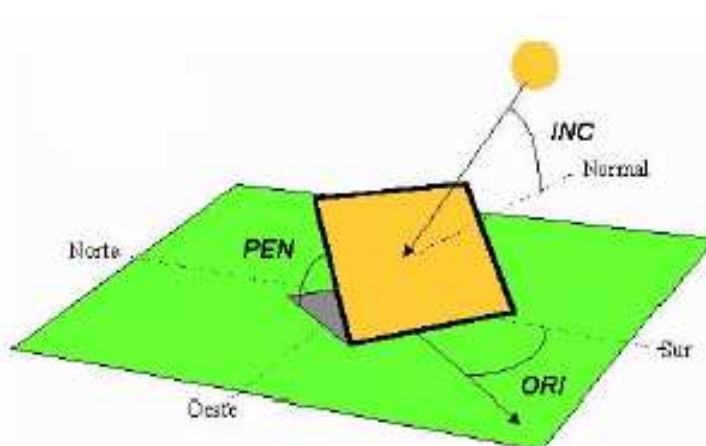


Figura 1.5. Posició de la superfície captadora respecte de l'angle solar.

1.1.3. L'efecte fotovoltaic

La conversió directa de l'energia solar en energia elèctrica es produeix en les cèl·lules solars i es basa en l'efecte fotovoltaic.

Els sistemes fotovoltaics, transformen l'energia radiant del Sol en energia elèctrica. Aquest procés de transformació, es produeix en un element que es denomina "cèl·lula fotovoltaica". Quan la llum del Sol incideix sobre una cèl·lula fotovoltaica, els fotons de la llum solar transmeten la seva energia als electrons del semiconductor, per a què puguin circular dins del sòlid. La tecnologia fotovoltaica aconsegueix que

part d'aquests electrons surtin a l'exterior del material semiconductor, generant així una corrent elèctrica capaç de circular per un circuit extern.

Per a fer possible la manipulació pràctica de les cèl·lules fotovoltaïques, aquestes es presenten associades elèctricament entre si, i encapsulades en un bloc anomenat panell o mòdul fotovoltaic, que constitueix l'element bàsic per a la producció d'electricitat. Normalment, un mòdul fotovoltaic està format per unes 36 cèl·lules, tenint diferents mesures que oscil·len des de $0,5 \text{ m}^2$ fins a 1 m^2 , el gruix també oscil·la entre 3,5 cm i 5 cm.

El mòdul fotovoltaic està format per un conjunt de cèl·lules solars connectades entre si en sèrie i paral·lel, fins aconseguir el voltatge adequat per a la seva utilització, aquest voltatge acostuma a ser de 12 V, encara que a plena radiació solar i 25°C de temperatura, acostuma a ser de 15 V a 17 V. El conjunt de cèl·lules està envoltat per uns elements que li donen protecció davant dels agents externs i rigidesa per a acoblar-se a les estructures que el suporten.

1.1.4. Avantatges i inconvenients de les instal·lacions fotovoltaïques

Les instal·lacions de generació d'energia elèctrica fotovoltaica presenten els següents avantatges:

- Són “sistemes modulars”, la qual cosa facilita la seva flexibilitat per a adaptar-se a diferents tipus d'aplicacions, i la seva instal·lació és relativament senzilla.
- Tenen una llarga duració. La vida útil d'una planta fotovoltaica és definida per la vida útil dels seus components, principalment el generador o mòdul fotovoltaic, que constitueix més del 50% del valor de la instal·lació. Els mòduls tenen una vida estimada de més de 30 anys. Realment no es tenen dades per a saber amb exactitud la vida real d'un generador connectat a la xarxa, perquè no es té suficient perspectiva, existeixen mòduls d'instal·lacions aïllades de la xarxa, que porten funcionant més de 30 anys, sense problemes. Respecte a les instal·lacions connectades a la xarxa, la instal·lació europea més antiga és la del Laboratori d'Energia, Ecologia i Economia (LEEE) de Lugano, Suïssa, que va començar a funcionar fa vint anys. Els experts de LEEE asseguren que aquesta instal·lació, pionera en tots els aspectes, pot estar en funcionament, com a mínim, deu anys més. La vida útil de la resta d'elements auxiliars, cablejat, canalitzacions, caixes de connexió, etc., és la vida útil típica de tot equip i material electrònic, la qual és compatible amb la llarga vida útil del generador FV, amb el manteniment adequat.
- El manteniment que requereixen és escàs, ja que no està format per elements mecànics. Cal dur-lo a terme en hores nocturnes per a tenir una disponibilitat diürna màxima i evitar tensions als generadors.
- Tenen una alta fiabilitat.

- No produeixen cap tipus de contaminació ambiental, i per aquest motiu contribueixen a la reducció d'emissions de diòxid de carboni (CO₂) al utilitzar com a alternativa altres sistemes generadors d'energia elèctrica més contaminants.
- Tenen un funcionament silencios.

Per una altra banda, per aconseguir la seva total incorporació als hàbits de la societat, com una solució complementaria als sistemes tradicionals de subministrament elèctric, és necessari superar certes barreres:

- A nivell econòmic s'haurà de fomentar la reducció dels costos de fabricació i el preu final de la instal·lació a partir de les innovacions que s'introdueixin al sector i a les economies d'escala, generades com a conseqüència del augment de la demanda i dels volums de producció. De la mateixa manera, s'hauran d'aconseguir condicions de finançament acceptades per abordar la inversió necessària.
- Des del punt de vista estètic s'hauran d'integrar els elements fotovoltaics als edificis des de la seva fase, tant en els entorns urbans com en els rurals.

1.1.5. Desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica

La potència instal·lada al món mitjançant sistemes fotovoltaics a finals del 2004 era de 2.595 MW_p. El país capdavanter en la producció d'energia fotovoltaica és Japó amb 1.152 MW_p.

En els últims anys la Unió Europea s'ha convertit en el segon mercat mundial, triplicant la producció dels Estats Units. Dins de la UE el principal país és Alemanya i representa el 80% de la potència instal·lada (Figura 1.6).

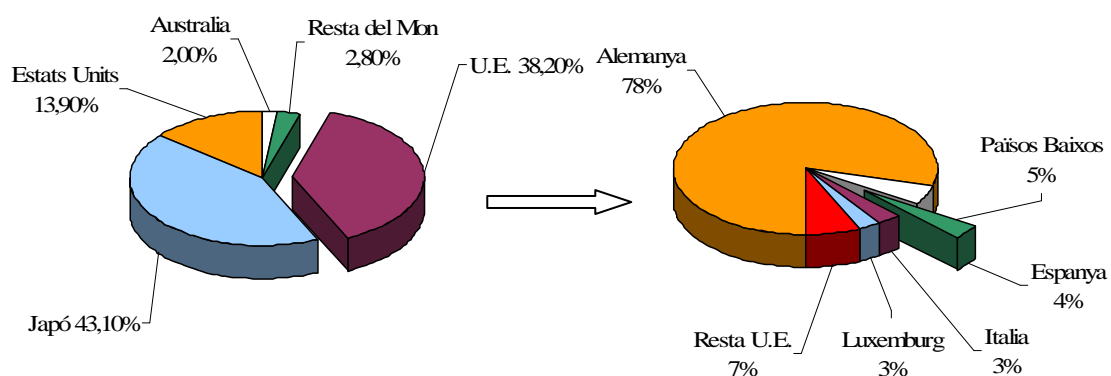


Figura 1.6. Desenvolupament de l'energia fotovoltaica al Mon i a la U.E. l'any 2004.

Actualment el desenvolupament de l'energia fotovoltaica a Espanya continua sent baix respecte a països com Alemanya o Japó. Tot i això, és el tercer país de la U.E. amb major potència instal·lada, amb més de 35 MW_p. Des del 2003 fins al 2004 es va produir un increment del 37% en la potència total instal·lada degut a l'aprovació del RD 436/2000.

En l'aspecte econòmic, es pot dir que, abans d'aquest decret, els titulars d'una instal·lació fotovoltaica a Espanya no tenien una seguretat jurídica de que rebrien una prima per kWh fotovoltaic injectat a la xarxa. En aquell moment, el mercat necessitava importants subvencions que disminuïssin aquella inquietud, subvencions que no limitessin el mercat als pocs MW a l'any per als que hi havia ajuda.

El RD 436/2004 ha donat, a la majoria dels inversors, la seguretat que la inversió tindrà una raonable rendibilitat, la qual cosa ha propiciat, a l'any 2005, juntament amb un interès generalitzat per aquesta tecnologia, per la seva adequació mediambiental, senzillesa i fiabilitat, un augment del número de projectes i de la grandària mitjana de les instal·lacions, amb una mitja superior a 3 kW des de fa només dos o tres anys.

Les instal·lacions realitzades en l'any 2004 s'estima que van ser lleugerament superiors a 10 MW. En el futur aquest volum es superarà amb diferència, si es té en compte l'alt nombre de projectes que s'estan iniciant i els nombrosos punts de connexió a la xarxa de distribució que s'estan demanant.

Aquest nou context de major dinamisme i major volum, ha aconseguit que els preus baixin i que la seva baixada hagi compensat la pujada del preu d'algun dels components del sistema, com és el cas dels mòduls fotovoltaics.

La baixada anual de preus en l'últim any a Espanya, s'estima que ha estat del ordre d'un 5%, que és el que, tradicionalment, s'ha anat aconseguint, amb el que la indústria espanyola, en el seu conjunt, ha pogut mantenir el compromís tàcit de baixar anualment els preus.

L'únic element que ha frenat el creixement de la potència instal·lada ha estat en la dificultat que ha tingut la indústria per tal de produir panells. El silici, és l'element, després de l'oxigen, que més abunda en el nostre planeta, però no es troba ni aïllat, ni pur, sinó combinat amb l'oxigen, el procés de purificació és llarg i laboriós, com a conseqüència el mercat no s'ha pogut adaptar a la demanda.

1.1.6. Instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa

Els sistemes fotovoltaics connectats a xarxa consisteixen en la producció d'energia elèctrica a partir d'energia solar per tal de vendre-la a la xarxa posteriorment.

Inicialment, els sistemes fotovoltaics de connexió a xarxa es van desenvolupar per a centrals de grans dimensions, per tal de resoldre les necessitats energètiques d'algunes zones degut a problemes de distribució i producció. Quan es va veure que aquest tipus d'instal·lacions funcionaven correctament, i en la mesura del que va avançar el mercat de l'electrònica, és van dissenyar sistemes de menys envergadura, a mode de petites centrals domèstiques.

Actualment existeix un suport institucional per part de les autoritats per tal de fomentar aquest tipus d'instal·lacions. Un clar exemple és la política de la Unió Europea en el seu pla per fomentar la implantació d'un milió de sistemes fotovoltaics. A nivell estatal s'ofereixen ajuts per a instal·lacions de

producció d'energia elèctrica mitjançant energies renovables, anomenades en règim especials, ajuts gestionats per l'IDAE (Institut de diversificació i estalvi d'energia) i concedits per l'Institut de Crèdit Oficial (ICO).

Però el fet més important que fa que aquest tipus d'instal·lacions puguin ser viables econòmicament, és el Reial Decret 436/2004 de 12 de Març, el qual ofereix primes considerables, per la venda d'energia elèctrica, per a instal·lacions productores d'energia que utilitzin com a font d'energia primària alguna de les energies renovables.

La instal·lació fotovoltaica de connexió a xarxa es basa en l'esquema de la Figura 1.7. El generador fotovoltaic és l'encarregat de transformar l'energia solar en energia elèctrica i està format per una sèrie de mòduls del mateix model connectats entre sí, el corrent produït és continu. Per tal de poder injectar l'energia a la xarxa elèctrica és necessari transforma el corren continu en corrent altern mitjançant un inversor, aquest produeix una corrent a la mateixa freqüència i tensió que la xarxa elèctrica.

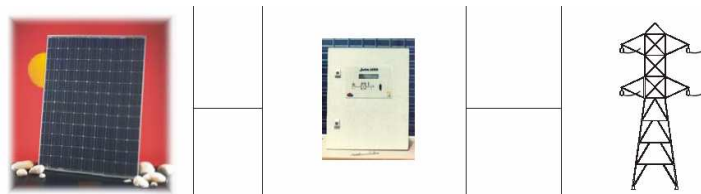


Figura 1.7. Esquema de principi d'una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa.

La instal·lació també incorpora un comptador d'entrada i de sortida per tal de mesurar l'energia injectada a xarxa i la consumida per l'inversor durant els períodes nocturns.

1.2. Objecte

El present projecte té per objectiu el disseny i l'estudi de viabilitat econòmica d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica per a la producció i venda d'energia elèctrica, situada en una vivenda unifamiliar, per tal de contribuir en la utilització d'energies renovables i reduir les emissions de CO₂.

Un dels objectius és aconseguir la màxima rendibilitat de la instal·lació per tal de fer-la més atractiva des del punt de vista econòmic.

Tot i això, es tindrà en compte la integració arquitectònica de la instal·lació, per tal de mantenir la línia estètica de l'habitatge.

1.3. Abast

L'abast del projecte inclou el disseny i càlcul de tots els elements la instal·lació fotovoltaica. El projecte també inclou el càlcul dels elements elèctrics necessaris per a la connexió de la instal·lació a la xarxa elèctrica.

No està dins de l'abast del projecte l'abastiment d'energia elèctrica de l'habitatge. Tampoc està dins de l'abast els treballs d'execució ni la direcció de les obres.

1.4. Antecedents

A petició del promotor de l'obra i del propietari de la casa objecte del projecte es pretén la realització d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa per tal de produir energia elèctrica i vendre-la a la companyia elèctrica.

La casa ja disposa d'una instal·lació elèctrica de baixa tensió per tal d'abastir les necessitats d'energia elèctrica.

L'ús de l'energia solar ve motivat per la forta necessitat energètica degut al creixement econòmic. Actualment hi ha la necessitat de cercar alternatives a les fonts energètiques fòssils ja que aquestes tenen unes reserves limitades. A més a més, l'efecte hivernacle derivat de la utilització de combustibles fòssils és un dels temes que més preocupa a la població. L'energia solar és una alternativa als combustibles fòssils i que a llarg termini resulta rentable.

El promotor a l'hora d'escollir entre una instal·lació solar tèrmica o fotovoltaica ha optat per escollir l'energia fotovoltaica ja que aquest sistema requereix de menys infraestructura i no es necessari modificar les instal·lacions ja existents.

A més, l'ús de l'energia fotovoltaica produeix uns beneficis que amortitzen la instal·lació amb un període de 15 anys i, fins i tot es pot convertir en una font d'ingressos important.

1.5. Normes i referències

1.5.1. Disposicions legals i normes aplicades

“Real Decret 1663/2000”, del 29 de Setembre, sobre connexió d’instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.

“UNE EN 61215: 1997 “Mòduls fotovoltaïcs (FV) de silici cristal·lí per a la aplicació terrestre, Qualificació del disseny i aprovació tipus”.

“Llei 54/1997”, del 27 de novembre, del Sector Elèctric.

“Real Decret 436/2004”, del 12 de Març, per el què s’estableix la metodologia per a l’actualització i sistematització del regim jurídic i econòmic de l’activitat de producció d’energia en regim especial.

“Real Decret 1955/2000”, del 2 de Desembre, per el què es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministre i procediments d’autorització d’instal·lacions d’energia elèctrica.

“Resolució de 31 de maig de 2001”, per el què s’estableixen com a model de contracte tipus i model de factura per a les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

“Real Decret 841/2002”, del 2 d’Agost, per el què es regulen les instal·lacions de producció d’energia elèctrica en regim especial

“Real Decret 842/2002”, del 2 d’Agost, per el què s’aprova el Reglament electrotècnic per a la tensió baixa.

“Real Decret 1433/2002”, del 27 de Desembre, per el què s’estableixen els requisits de mitja en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en Regim Especial.

Código Técnico de la Edificación, Març del 2006.

1.5.2. Bibliografia

Cabeza, Lluïsa F., *Gestió de sistemes energètics*. Ed. Paperkite. Lleida, 2004.

Cabeza, Lluïsa F., *Producció de l’energia tèrmica*. Ed. Paperkite. Lleida, 2004

E. Alcor. *Instalaciones fotovoltaicas*. Ed. Progensa 2002.

M. Trabajas Vázquez. *Energía Solar Fotovoltaica*. Ed. Ceysa, 2002.

SEBA. *Manual del usuario de instalaciones fotovoltaicas*. Ed. Progensa, 1998

1.5.3. Programes de càlcul

Microsoft Excel: Full de càlcul

1.5.4. Altres referències

Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energia solar fotovoltaica. CIEMAT, 2002

Guia solar. Greenpeace 2003

Pliego de condiciones tècnicas para instal·laciones foovoltaicas conectadas a res. IDAE, Octubre 2002.

Sèrie tècnica energia solar fotovoltaica. VIESSMAN 2002

Pàgines web consultades:

- www.asif.org
- www.bp.com
- www.censolar.es
- www.energuia.com
- www.gencat.net
- www.google.es
- www.idae.es
- www.legrand.es
- www.solarmax.com

1.6. Definicions i abreviacions

1.6.1. Definicions

L'apartat de definicions s'ha dividit entre els diferents apartats dels annexes per a facilitar la seva consulta.

1.6.1.1. Definicions en el càlcul de l'energia solar incident

ϕ	[°]	Latitud geogràfica del lloc d'estudi, expressada en graus.
δ	[°]	Declinació solar.
β	[°]	Inclinació de la superfície sobre la que incideix la radiació respecte el pla horitzontal.
n	[Dies]	Dia característic del mes que es considera per al càlcul de la declinació.
\overline{H}	[kWh/m ²]	Mitjana mensual de radiació diària sobre una superfície horitzontal.
\overline{R}	-	Quocient entre la mitjana mensual de radiació diària sobre una superfície captadora i sobre una superfície horitzontal.
\overline{H}_T	[kWh/m ²]	Mitjana mensual de radiació diària sobre una superfície inclinada.
\overline{H}_d	[kWh/m ²]	Mitjana mensual de radiació difusa diària en una superfície horitzontal.
H_m	[kWh/m ²]	Radiació mensual sobre una superfície inclinada.
ρ	-	Reflectància del sòl.
\overline{K}_T	-	Índex de nuvolositat per a cada més.
ω_s	[°]	Angle horari corresponent a la posta del Sol per una superfície horitzontal.
ω'_s	[°]	Angle corresponent a la posta del Sol per una superfície inclinada.
α_s	[°]	Altitud solar.
ω	[°]	Angle horari del moment del dia.

ω_{sp} [°] Angle horari de sortida del Sol.

1.6.1.2. Definicions en el càlcul de la separació de les files de panells segons l'IDAE

p [mm] Longitud de la projecció de l'ombra d'un panell sobre el panell posterior.

d [mm] Separació entre files de mòduls fotovoltaics.

h [mm] Alçada neta entre files de mòduls fotovoltaics.

L_p [mm] Longitud de la cara del panell que no es recolza sobre el terra.

1.6.1.3. Definicions en el càlcul de les pèrdues per ombres entre els propis panells

θ [°] Angle d'incidència solar relatiu a la superfície captadora.

θ_s [°] Angle d'incidència solar relatiu a la superfície captadora en el moment de sortida del Sol.

I [W/m²] Irradiació solar rebuda pels panells.

I_0 [W/m²] Irradiació solar sobre una superfície captadora lliure d'ombres.

t_s [h] Hora solar de sortida del sol.

t_m [h] Hora solar del migdia solar.

1.6.1.4. Definicions en el càlcul de la potència nominal de l'inversor

F_s - Factor de sobredimensionat.

P_{FV} [W] Potència fotovoltaica instal·lada.

P_n [W] Potència nominal de l'inversor.

1.6.1.5. Definicions en el dimensionat de la instal·lació elèctrica

N_p - Nombre de línies en paral·lel de panells

I_{SC}	[A]	Intensitat de curtcircuit.
$I_{m\grave{a}x}$	[A]	Intensitat màxima.
F_{TA}	-	Factor de correcció per la temperatura ambient.
F_{RAD}	-	Factor de correcció per la radiació solar.
F_{TT}	-	Factor de correcció per la temperatura del terreny.
I_{cal}	[A]	Intensitat de càlcul.
c_{dt}	[V]	Caiguda de tensió.
l	[m]	Longitud del conductor.
$\cos \varphi$	-	Factor de potència.
S	[mm ²]	Secció del conductor.
S_{min}	[mm ²]	Secció mínima del conductor.
γ	[m/Ω·mm ²]	Resistivitat.
I_n	[A]	Intensitat nominal.
I_l	[A]	Intensitat de la línia.
V_n	[V]	Tensió nominal.
R	[Ω]	Resistència de pas a terra d'una pica.
$R_{m\grave{a}x}$	[Ω]	Resistència màxima permesa.
P	[Ω(m)]	Resistivitat del terreny.
L	[m]	Longitud d'una pica.

1.6.1.6. Definicions en el dimensionat de la instal·lació elèctrica

Q_t	[kg/m ²]	Sobrecarrega total.
Q_p	[kg/m ²]	Sobrecarrega deguda al pes dels mòduls.
Q_v	[kg/m ²]	Sobrecarrega deguda a l'acció del vent.
c	-	Coefficient eòlic.
w	[kg/m ²]	Pressió dinàmica del vent.

1.6.2. Abreviacions

BT: Baixa Tensió.

CPM: Caixa de Protecció i Mesura.

EPR: Cautxu d'etilè-propilè.

FV: Fotovoltaic.

IDAE: Instituto para la Diversificacion y Ahorro Energético.

ICAEN: Insitut Català de l'Energia.

ICO: Instituto de Crédito Oficial.

ISO: International Standards Organization. Organització Internacional d'Estandarització.

ITC: Instrucción Técnica Complementaria.

IVA: Impost sobre el Valor Afegit.

LEEE: Laboratori d'Energia, Ecològica i Economia.

PER: Plan de las Energias Renovables.

PVC: Policlorur de Vinil.

REBT: Reglament Electrònic de Baixa Tensió.

RD: Reial Decret.

TIR: Taxa Interna de Rendibilitat.

UNE: Una Norma Española.

UV: Radiació Ultraviolada.

XPLE: Polietilè Reticulat.

1.7. Dades de partida

1.7.1. Ubicació

L'habitatge objecte del projecte es troba situat al terme municipal d'Alpicat, concretament a la Urbanització de la Cerdera (Veure plànol nº1) camí del Burro numero 8, a 7 kilòmetres de Lleida.

La latitud i l'altitud geogràfica de l'emplaçament són 41°40' Nord i 340 m respectivament.

El terme municipal d'Alpicat es troba situat a la comarca del Segrià, amb llinar a la comarca de la Litera.

El clima de la zona és sec i extremat, moderadament continental. L'oscil·lació tèrmica és gran durant l'any, a l'estiu les temperatures són elevades i els hiverns són freds. La temperatura mitja anual és de 14,5°C. Les precipitacions són moderades.

Cal destacar que durant els mesos de desembre i gener predomina la boira, aproximadament 40 dies de boira per any, tot i això, la insolació es de 2703 hores l'any, una de les més altes de l'estat espanyol.

Els vents són febles, amb una velocitat mitjana de 0,8 m/s i amb una direcció dominant de Nord-Est.

Totes aquestes característiques fan que la zona on s'ubica l'habitatge sigui un bon emplaçament per a una instal·lació d'aprofitament de l'energia solar, que pugui ser efectiva i tenir un bon rendiment.

1.7.2. Descripció de la vivenda

La casa que és objecte del projecte és una vivenda unifamiliar situada en una urbanització del terme municipal d'Alpicat. L'habitatge es troba situat al mig d'una parcel·la de 1000 m² orientada al sud. La parcel·la, a més, conté una piscina de dimensions 4,5 m d'ample i 7,5 de llarg.

El xalet és d'una sola planta amb unes escales que permeten accedir a la coberta plana, utilitzada com a solàrium.

L'estructura de la vivenda està formada a partir de murs de càrrega i pilars d'acer amb perfil en U. Tant els murs com els pilars es recolzen sobre els fonaments de sabates contínues. El forjat del sostre és unidireccional de biguetes pretensades i revoltos. Té dues alçades: una part es recolza sobre el mur de càrrega per un costat, i sobre la jàssera d'acer que uneix els pilars per l'altre, l'altra part es troba totalment suspesa damunt dels pilars d'acer. La teulada plana és transitable invertida i permet la recollida de les aigües de pluja (Veure plànol nº4).

La major part de la façana sud és de vidre i la façana nord és arrebossada amb formigó i pintada de color verd clar. A la façana est hi ha un petit porxo on hi ha la porta d'entrada i la del pàrquing, ambdues de color vermell, la façana és arrebossada amb formigó. La façana oest també és arrebossa amb formigó.

Les façanes est i sud estan envoltades per una barbacana d'un metre de llarg que permet l'entrada del Sol per les finestres durant els mesos d'hivern i n'impedeix l'entrada durant els mesos d'estiu.

A l'interior de la vivenda s'hi pot accedir a través del garatge, que es troba a la mateixa alçada, o a través de la porta d'entrada. Des del pàrquing s'accedeix a la habitatge per una porta que dona al passadís principal. La porta d'entrada dona a un petit rebedor, on també s'accedeix a un petit lavabo on hi ha un armari guarda-roba. El rebedor dona a un menjador que té accés al jardí a través d'una porta. El sostre del menjador és més alt respecte les altres estances de la casa i la part alta és tota de vidre. Un gran vidriada permet tenir una vista del jardí. Dues portes corredisses separen el menjador de la cuina. Des d'aquí s'accedeix directament al passadís principal, el qual té una de les parets de vidre i permet accedir al jardí. Des del passadís es pot anar a la sala de mequines i a les habitacions. A la sala de màquines hi ha la rentadora, l'assecadora i una zona de secat.

A la casa hi ha quatre habitacions, tres de les quals són d'idèntiques dimensions i la quart és més gran, té un vestidor i un lavabo independents amb una claraboia que dona llum a l'estança. Totes elles tenen accés a l'exterior a través d'unes petites finestres situades a la cara nord. A través del passadís s'accedeix a un tercer lavabo amb banyera.

1.8. Anàlisis de solucions

1.8.1. Sistemes de captació

La capacitat de produir energia elèctrica que té una instal·lació fotovoltaica va estretament vinculada a la disponibilitat de la radiació solar i l'aprofitament que se'n fa d'aquesta.

L'aprofitament de la radiació disponible depèn directament de la posició de la superfície captadora respecte de la radiació solar incident. S'obté la captació màxima quan la superfície captadora està perfectament perpendicular a la radiació solar.

El moviment solar diari i estacional provoca que l'angle d'incidència de la radiació vagi variant. Aquest fet implica que per obtenir una captació el més eficient possible la superfície captadora ha de ser capaç de mantenir-se perpendicular a la radiació solar de manera constant.

Actualment existeixen mecanismes de seguiment que intenten mantenir la posició dels panells solar constantment perpendicular a la radiació solar. Tanmateix, la disposició d'un mecanisme de seguiment solar sempre porta intrínsec un augment en el cost de la instal·lació i, per tant, caldrà avaluar la millor alternativa que s'adapta a les necessitats del present projecte.

Seguidament es descriu cada un dels dos sistemes.

1.8.1.1. Captació solar fixa

La captació solar més senzilla i econòmica és aquella en la qual la superfície captadora està quieta amb un certa inclinació fixa durant tot l'any. Per tant, tenint en compte que el Sol realitza un moviment tant azimutal com zenital, aquesta alternativa representa la menys eficient en quan a aprofitament de la radiació solar.

Per aquest tipus de sistemes cal buscar aquella posició de la superfície que maximitzi la radiació solar captada a nivell anual. Els factors de que depèn la orientació i la inclinació de la superfície és la zona geogràfica on s'ubica la instal·lació.

Cal considerar que aquesta alternativa permet una major possibilitat d'integració arquitectònica degut a la senzillesa del sistema. Cada vegada són més les formes de situar sobre edificis camps fotovoltaics amb funcions diverses de les estrictament energètiques. Els tipus de muntatges fixes més utilitzats són:

- **Muntatge sobre la teulada (Figura 1.8):** És el tipus utilitzat en el 90% dels casos, es caracteritza per la col·locació dels mòduls sobre el revestiment de la teulada, amb la seva inclinació. Es fixen sobre ganxos d'acer roscats sobre l'estructura de la teulada, i es fixen carrils de perfil d'alumini que subjecten els mòduls.



Figura 1.8. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre teulada inclinada.

- **Muntatge dins de la teulada (Figura 1.9):** En aquest cas, els mòduls formen el revestiment de la teulada. És un sistema totalment integrat, ja que els mòduls es subjecten directament sobre l'estructura de l'edifici sense bastidor. És de principal importància que el sistema sigui estanc per tal d'evitar la filtracions per humitat i aigua de pluja. Aquest tipus de muntatge és una mica més costós, però s'estalvien els costos per al revestiment de la teulada.



Figura 1.9. Muntatge de mòduls fotovoltaics dins de la teulada

- **Muntatge sobre coberta plana (Figura 1.10):** En aquest tipus de muntatge els mòduls es subjecten sobre un bastidor especial d'alumini per obtenir l'angle desitjat. Per subjectar els mòduls també es poden utilitzar safates especials de plàstic que s'omplen de grava. Aquest tipus d'instal·lacions s'utilitzen sobre cobertes planes (garatges, naus industrials, etc.) i també a la col·locació a l'aire lliure. És el sistema més econòmic i de muntatge més senzill.



Figura 1.10. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre coberta plana.

- **Muntatge sobre la façana (Figura 1.11):** La integració en façanes és un dels sistemes més avançats, s'utilitza sobretot en projectes de gran envergadura. Aquí s'utilitzen els propis panells fotovoltaics com a façana. Per això s'utilitzen sistemes de subjecció especial. La disposició, generalment vertical, redueix considerablement el rendiment de la instal·lació. Tot i això, el balanç de costos respecte d'una façana de vidre tradicional és positiu.



Figura 1.11. Muntatge de mòduls fotovoltaics sobre façana.

1.8.1.2. Captació solar amb seguiment

Són aquells sistemes en que la superfície captadora realitza un seguiment diari de la posició del solar. Depenent de la complexitat del mecanisme hi ha sistemes de captació de seguiment en un eix i de seguiment en dos eixos (Figura 1.12). Els sistemes de seguiment en un eix la superfície captadora segueix l'azimut solar. Aquest mètode de captació permet mantenir l'orientació dels mòduls perpendicular a la radiació incident en una projecció horitzontal. Per altra banda es té que aquest mètode de captació no realitza un seguiment de l'alçada solar. El mètode de captació solar en doble eix consisteix en realitzar un seguiment total del moviment tant azimutal com zenital del Sol.

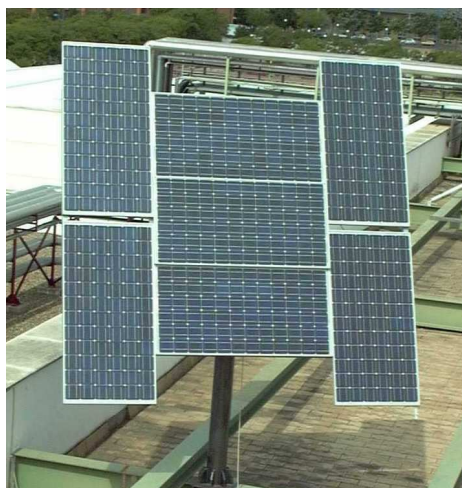


Figura 1.12. Sistema de seguiment solar de dos eixos.

La principal característica dels sistemes de seguiment és que és necessari equipar-los amb un mecanisme capaç de proporcionar a la superfície una rotació respecte de l'eix polar i azimutal. Cal destacar que aquests sistemes, amb la mateixa superfície captadora que els sistemes de captació fixa, aconsegueixen captar un 40% més d'energia solar.

1.8.2. Selecció del sistema de captació

A la Taula 1.1 es comparen els sistemes de captació solar fixa i de seguiment.

Sistema de captació fixa	Sistema de captació amb seguiment
Sistema senzill	Sistema complicat amb parts mecàniques
Rendiment normal	Es capta un 40% més d'energia que un sistema fix depenent del tipus de mecanisme de seguiment
Rendiment econòmic baix	Rendiment econòmic superior
Força econòmic, requereix poca inversió inicial	Requereix major inversió inicial
Manteniment gairebé nul, no existeixen parts mecàniques	Requereix un manteniment exhaustiu de les parts mecàniques
Requereix molt menys espai	Requereix una gran superfície que permeti moure els seguidors.
Estèticament s'integra millor a l'edifici	Estèticament no es poden integrar a l'edificació
No requereixen un sistema de fixació complex	El sistema de fixació sobre la coberta és força complex

Taula 1.1 Comparativa dels diferents sistemes de captació.

Tot i que el sistema de captació amb seguiment té major rendibilitat econòmica s'opta pel sistema fix, ja que requereix menys inversió i el manteniment és gairebé nul. Cal dir que els sistemes de captació fixa són els que tenen major implantació en els països amb major producció d'energia elèctrica, contràriament al que succeeix a Espanya on els sistemes amb seguiment tenen una acceptació notable.

Dins dels sistemes de captació fixa s'elegeix el de muntatge sobre la coberta plana, és el més simple, més econòmic i el que requereix menys manteniment. Cal destacar que aquest sistema no és el que més s'integra en les línies arquitectòniques de la vivenda, però degut a les característiques de la vivenda, té molt poc impacte visual i degut a les barbacanes que l'envolten (Veure plànols n°4, 5 i 6) gairebé no es podrà veure la instal·lació des de distàncies pròximes a l'habitatge.

1.8.3. Tipus de panells fotovoltaics

Els principals elements d'un sistema fotovoltaic connectat a xarxa són els panells fotovoltaics, aquests són els encarregats de transformar l'energia solar en energia elèctrica.

Un captador solar el formen varies cèl·lules iguals connectades entre sí en sèrie i en paral·lel per tal de subministrar la tensió desitjada. La matèria prima per a la fabricació de cèl·lules fotovoltaïques és el silici, aquest es presenta de tres formes diferents:

- **Silici monocristal·lí:** En aquest cas el silici que compona les cèl·lules dels mòduls és un únic cristall. La xarxa cristal·lina és la mateixa a tot el material i té moltes poques imperfeccions. El procés de cristallització és complicat i costós, però tanmateix, és el que proporciona la major eficiència de conversió de la llum en energia elèctrica.
- **Silici policristal·lí:** El procés de cristallització no és tan laboriós i la xarxa cristal·lina no és la mateixa en tot el material. Aquest procés és més econòmic que l'anterior però s'obtenen rendiments lleugerament inferiors.
- **Silici amorf:** El silici amorf no conté una xarxa cristal·lina i s'obté un rendiment força inferior al rendiment del silici cristal·lí. Tot i això, a més de ser més econòmic que la resta, té l'avantatge de ser un material molt absorbent per la qual cosa amb una fina capa és suficient per captar la llum solar.

A la Taula 1.2 es poden observar els rendiments actuals de les diferents tecnologies de mòduls solars en fase de comercialització.

	Eficiència
Silici monocristal·lí	13-15%
Silici policristal·lí	11%
Silici amorf	7%

Taula 1.2. Eficiència dels mòduls solars segons el tipus de silici

Actualment també existeixen altres tecnologies o processos que obtenen major rendiment, però encara es troben en fase experimental en laboratoris i es fabriquen a petita escala.

1.8.4. Selecció del model de panell solar

Actualment, al mercat existeix una amplíssima gama de mòduls fotovoltaics. Per a les connexions a xarxa és més important l'eficiència del panell que el preu del mateix, ja que amb l'augment de producció s'amortitza. Els mòduls fotovoltaics que obtenen un major rendiment són els de silici monocristal·lí. Per tant dins de tots els models a escollir de cada marca, s'escolliran aquells que siguin de silici monocristal·lí i que tinguin un rendiment més elevat.

Per decidir quin tipus de panell s'ha d'instal·lar, s'ha optat per analitzar el rendiment per m² que cadascun d'ells ofereix i escollir el que permeti instal·lar major capacitat de producció elèctrica degut a les reduïdes dimensions de l'espai de que es disposa per a la instal·lació. Únicament s'han analitzat aquells models de cada marca que ofereixen major eficiència (Taula 1.3). Les dades s'han extret dels catàlegs dels fabricants.

Marca	Model	Pot. Nominal (W)	Sup. (m ²)	Potència/m²
Isofoton	IS-150/24	150	1,26	119,08
Isofoton	IS-75/12	75	0,68	110,29
BP Solar	BP 3165	165	1,26	78,43
BP Solar	BP 7180	180	1,26	142,86
Conergy	175M	175	1,31	133,59
Photowatt	PW1250	135	1,01	133,66
Photowatt	PW1650	175	1,34	130,60

Taula 1.3. Taula comparativa de panells solar.

Amb aquestes dades s'ha optat per escollir el panell BP 7180, és el que té millor relació Potència/m².

1.8.5. Selecció de la distribució en planta dels panells solars.

L'espai de que es disposa per a la instal·lació dels panells és de 67,28 m² (Veure plànol nº4). La resta de l'espai de la coberta es reserva com a solàrium i per a una possible instal·lació d'energia solar tèrmica. Degut a les reduïdes dimensions del lloc és important escollir la distribució òptima que maximitzi el rendiment econòmic de la instal·lació per tal de fer-la més atractiva des del punt de vista econòmic. Segons les dades de l'informe de l'IDAE de l'any 2005, a major potència instal·lada, major és la rendibilitat de la instal·lació, per tant, s'intentarà buscar aquella solució que maximitzi l'ocupació de l'espai. Tot i que la superfície a on s'ha d'instal·lar està lliure d'ombres externes cal preveure la forma d'evitar els efectes que el problema del punt calent pugui provocar degut a les ombres dels propis mòduls. En posar els panells en fileres, una fila provoca ombres en la posterior, i per tant disminueix l'energia produïda en reduir-ne la radiació que rep.

Per altra banda a l'hora de col·locar els panells damunt de la coberta s'ha de tenir en compte l'orientació dels mòduls de tal manera que l'energia captada sigui la major possible. Degut a la trajectòria del Sol, d'est a oest, la millor orientació és sud, per tant els mòduls s'orientaran en direcció sud.

Un factor que s'ha de tenir en compte a l'hora de realitzar una instal·lació fotovoltaica són les condicions atmosfèriques, la zona de Lleida no és una zona de forts vents, tot i que en determinades èpoques de l'any el vent pot bufar fort. Tenint en compte això, el mòduls es col·locaran recolzats horitzontalment pel seu costat més ample, d'aquesta manera s'aconsegueix que la superfície exposada a la força del vent sigui menor. Es podria pensar que al reduir l'alçada de la superfície captadora és disminueix la superfície total de captadors, però s'ha de tenir en compte que la separació entre files també s'ha d'augmentar al incrementar les ombres que es produeixen entre fila i fila, i per tant el resultat final és que la superfície captadora és la mateixa tant si es posen els mòduls verticals com horitzontals.

Tenint tot això en compte, es decideix que s'instal·laran els mòduls fotovoltaics en files de 6 mòduls ocupant tota l'amplada de la coberta i s'orientaran al sud.

Per determinar la separació entre files, l'IDAE proposa un fórmula en el plec de condicions que va en funció de l'alçada dels mòduls. A l'apartat 2.12 s'ha calculat el valor de la fórmula per al model de panells seleccionat, el BP 7180, i el resultat és de 1303 mm.

Considerant la distància mínima segons l'IDAE, l'espai disponible permet instal·lar un total de 24 mòduls distribuïts en 4 files de 6 mòduls cada una, un potència fotovoltaica total de 4320 W. El principal inconvenient és que queda un espai lliure que no permet la instal·lació d'una cinquena fila. Si es distribueixen les 4 files uniformement per tota la zona disponible la separació entre files és de 2227 mm (Figura 1.13), d'aquesta manera es redueixen les ombres entre els propis panells respecte de la distància de 1303 mm.

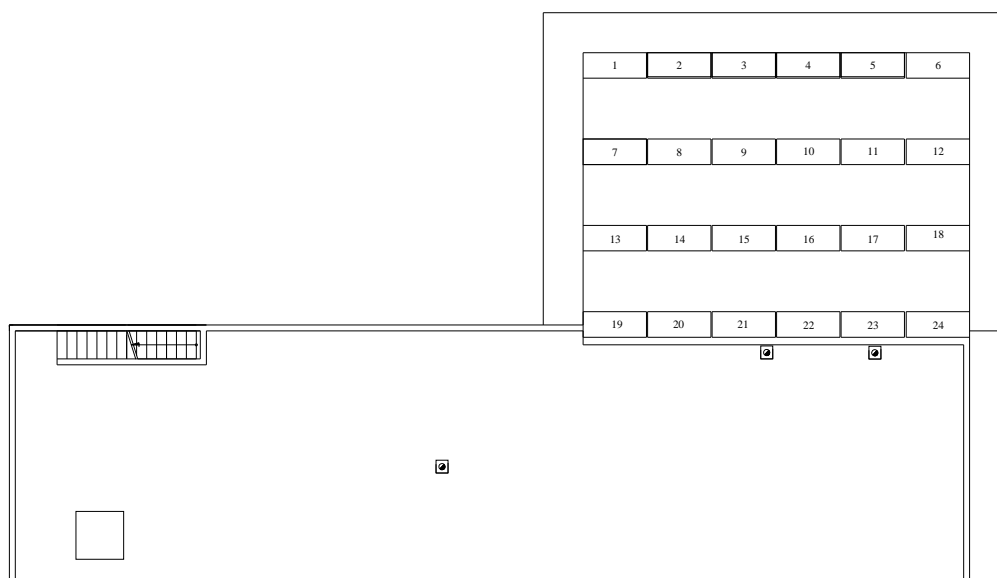


Figura 1.13. Distribució dels panells per a l'alternativa 1.

Per tal d'aprofitar al màxim l'espai disponible i obtenir la major rendibilitat de la instal·lació, es busca la disposició dels panells que millor s'adapti a les mesures de l'espai de que es disposa, com a alternativa a la separació de 2227 mm es proposa afegir una cinquena línia de panells solars i distribuir les files uniformement. D'aquesta manera la distància entre panells és de 1000 mm. El que es pretén és augmentar la densitat del camp solar i, per tant, augmentar la producció d'energia elèctrica i la relació W/m^2 . L'únic inconvenient és que amb aquest sistema augmenten les pèrdues per ombres entre els propis mòduls i per tant redueixen el rendiment de la instal·lació. Aquesta opció permet instal·lar un total de 5 files de 6 panells cada una, un total de 30 panells. La potència fotovoltaica instal·lada és de 5400 W. A la Figura 1.14 es mostra la distribució en planta.

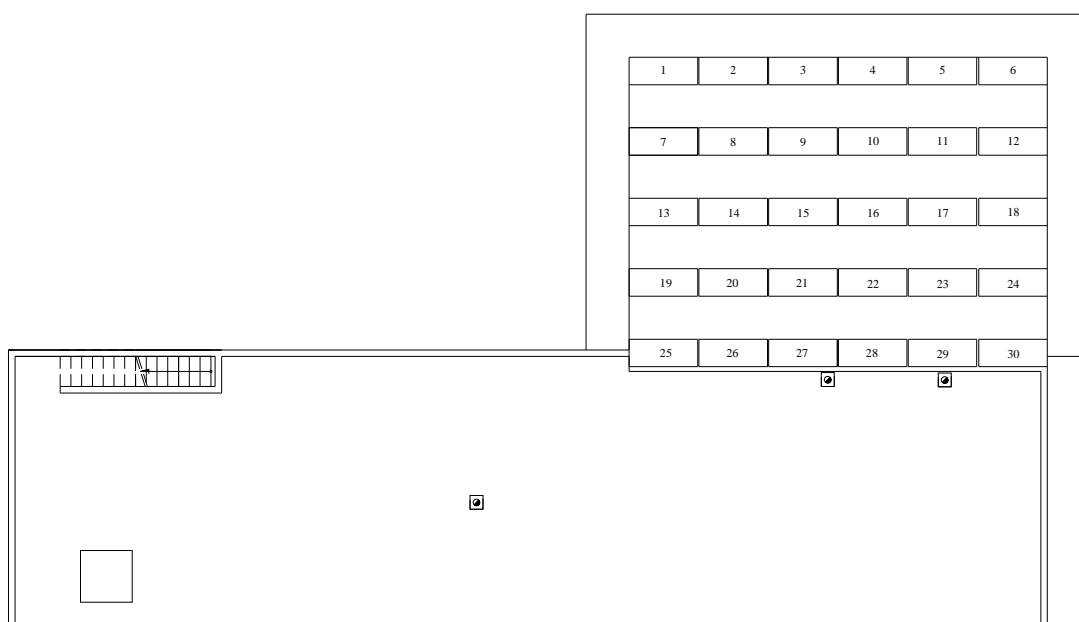


Figura 1.14. Distribució dels panells per a l'alternativa 2.

Del mateix informe de l'IDAE se'n desprèn que distàncies entre panells molt reduïdes, inferiors a l'alçada del panell, per ombres són massa grans i que la instal·lació no és rendible energèticament. En canvi si s'augmenta la separació entre files de més de 3 m, es desaprofita l'espai considerablement, es redueix la superfície de captació i, per tant, disminueix la rendibilitat econòmica, per tant s'ha descartat qualsevol altra alternativa a les proposades.

A l'apartat 2.1.4 s'han calculat les pèrdues per ombres per a cada una de les alternatives i els resultats obtinguts són de 1,23% de pèrdues en l'energia solar captada per a l'alternativa de 24 i de 4,13% per a l'alternativa de 30 panells. Des del punt de vista energètic, tant l'opció de 24 panells com la de 30 panells són viables, ja que les pèrdues per ombres entre els propis panells no superen el 5% anual, tal i com especifica l'IDAE.

1.8.6. Tipus d'inversors

El generador fotovoltaic produeix energia elèctrica en forma de corrent continu. A l'actualitat la majoria d'aparells elèctrics funcionen amb corrent alterna, a més a més, si es vol connectar la instal·lació a la xarxa elèctrica, aquesta s'ha de fer amb corrent altern. L'inversor converteix el corrent continu en altern, modula l'ona plana en alterna i regula la tensió de sortida.

El funcionament dels inversors es basa en ponts d'interruptors de semiconductors de potència amb un cicle controlat d'obertura i tancat generant ones de polsos variables, quants més polsos hi hagi més s'aproximarà l'ona al corrent sinodal pur.

Els inversors existents en al mercat poden ser monofàsics o trifàsics a 50 Hz, amb diferents tensions nominals d'entrada i un ampli rang de potència nominal. Segons la forma de l'ona de sortida els inversors en classifiquen en:

- Inversors d'ona quadrada.
- Inversors d'ona modificada.
- Inversors d'ona sinodal.

Inversors d'ona quadrada

El seu funcionament és molt simple i es basa en una simple rectificació del corrent d'entrada (Figura 1.15), amb molt poca regulació de la tensió. L'ona resultant té un gran contingut en harmònics, en total un 40%. El seu rendiment és molt baix, al voltant del 50-60%. S'utilitzen per a petites carregues inductives o resistives, tot i això, no són molt recomanats ja que algunes càrregues no els toleren.

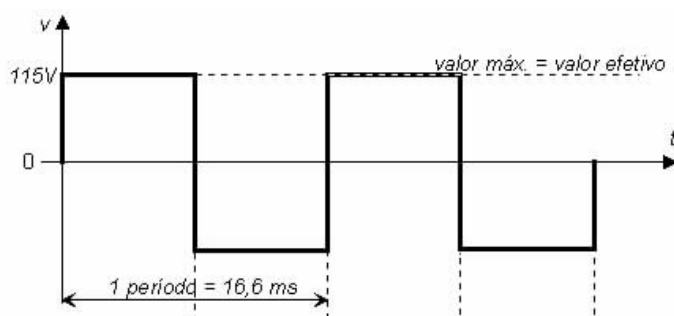


Figura 1.15. Ona produïda per un inversor d'ona quadrada.

Inversors d'ona modificada

Els inversors d'ona modificada presenten una ona gairebé sinodal (Figura 1.16), amb un baix contingut en harmònics i el seu rendiment és superior al 90%. S'utilitzen en electrificació rural, per alimentar electrodomèstics, ordenadors i equips de música. On presenten més problemes és a les impressores làser, els forns microones i els rellotges.

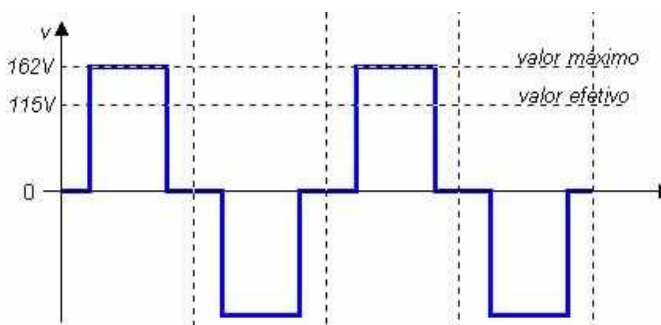


Figura 1.16. Ona produïda per un inversor d'ona modificada.

Inversors d'ona sinodal

Són el utilitzats per a les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica, ja que produeixen una senyal sense harmònics i amb una tensió de sortida totalment modulada (Figura 1.17). També són utilitzats per equips de telecomunicacions, instrumentació delicada i per a carregues inductives, com els motors, ja que necessiten una ona gairebé perfecta per tal de poder girar.

Els inversors per a la connexió a la xarxa elèctrica han de complir uns requisits segons especifica el Reial Decret 1663/2000 del 30 de setembre. L'inversor ha de funcionar dins d'uns marges de freqüència, no produir distorsió harmònica de l'ona de tensió de la xarxa i complir la normativa referent a la forma d'ona. També ha d'incloure aïllament galvànic entre la xarxa i la instal·lació fotovoltaica.

Per temes de seguretat, l'inversor ha d'incorporar un sistema de desconnectat per tal d'evitar el fenomen de funcionament en mode illa.

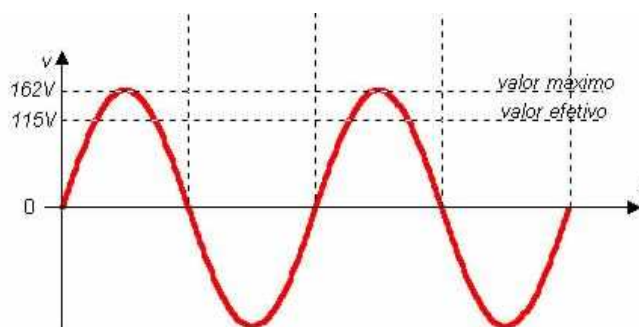


Figura 1.17. Ona produïda per un inversor d'ona sinodal

1.8.7. Selecció de l'inversor

Dins dels tres tipus d'inversor estudiats, els utilitzats per a instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa són els d'ona sinodal. Aquest són els únics que compleixen els requisits del Reial Decret 1663/2000 del 30 de setembre, el qual estableix les característiques que han de complir els inversors connectats a la xarxa elèctrica. Per tant, el model a seleccionar dins de tots els possibles de cada fabricant és aquell que sigui d'ona sinodal i compleixi els requisits per a connexió a xarxa.

L'altre paràmetre a determinar és la potència nominal de l'inversor. Com que la potència instal·lada per a cada un dels casos estudiats a l'apartat 1.7.5, 24 panells o 30, és diferent s'haurà d'estudiar l'inversor que millor s'adapta en cada una de les situacions.

El rendiment òptim dels inversors s'aconsegueix quan treballen a prop de la potència nominal. Per a instal·lacions orientades al sud amb un angle d'inclinació entre 30° i 40°, s'utilitza un factor de sobredimensionat F_s de 1,1 que és la relació entre la potència fotovoltaica instal·lada (P_{FV}) i la potència nominal de l'inversor (P_n). El fet que la potència instal·lada sigui superior a la potència de sortida dels inversors no suposa cap inconvenient, ja que s'ha de tenir en compte que la potència fotovoltaica instal·lada (P_{FV}) és una potència mesurada al laboratori, calculada a partir d'un feix de llum de 1000 W/m², normal a la superfície i amb un ambient amb una temperatura a 25°C. La potència nominal teòrica de l'inversor s'ha calculat a l'apartat 2.1.3, considerant el factor de sobredimensionat de 1,1. Els resultats obtinguts per a l'alternativa de 24 panells, amb una potència fotovoltaica instal·lada de 4320 W és d'una potència nominal teòrica de l'inversor de 3927 W. Per a l'alternativa de 30, els resultats són de 4909 W de potència nominal teòrica de l'inversor i de 5400 W de potencia fotovoltaica instal·lada.

1.8.7.1. Selecció de l'inversor per a l'alternativa de 24 panells

A la Taula 1.4 es mostren els models d'inversos existents en el mercat amb una potència nominal pròxima a la calculada a l'apartat 2.1.3.

Marca	Model	$P_n(W)$	$F_S (P_{FV}/P_n)$	$P_{FVmax}(W)$	$V_{max}(V)$	$\eta_{max}(\%)$	Preu (€)
Sunmaster	QS 6400	4870	0,89	7200	450	94	4.205,00
Conergy	WR4600	3500	1,23	5500	500	94,5	3.945,00
Fronius	IG40	3500	1,23	4800	500	94,5	3.784,00
Sunny Boy	SB5000	4600	0,94	6600	750	95	4.610,00
SolarMax	4200C	3800	1,14	5000	600	95,1	3.159,00

Taula 1.4. Models d'inversors per a l'opció de 24 panells.

L'inversor que millor s'adapta a l'alternativa de 24 panells és el SolarMax 4200C. ja que té el factor de sobredimensionat més pròxim al calculat. També cal destacar que el seu preu és força inferior als altres, per tant, l'inversor escollit és el SolarMax 4200C.

1.8.7.2. Selecció de l'inversor per a l'alternativa de 30 panells

A Taula 1.5 es mostren els models d'inversos existents en el mercat amb una potència nominal pròxima a la òptima calculada.

Marca	Model	$P_n(W)$	$F_S (P_{FV}/P_n)$	$P_{FVmax}(W)$	$V_{max}(V)$	$\eta_{max}(\%)$	Preu (€)
Conergy	WR4600	4600	1,17	6700	500	94,5	4.390,00
Fronius	IG60	4600	1,17	6100	500	94,5	4278,69
Sunny Boy	SB5000	4600	1,17	6600	750	95	4.610,00
SolarMax	6000C	4600	1,17	6000	600	96,2	4.141,00

Taula 1.5. Models d'inversors per a l'opció de 30 panells.

Tots els inversors estudiats tenen un factor de sobredimensionat apte per aquesta instal·lació i les característiques de tots ells són similars, per tant, s'escull el model SolarMax 6000C que és el més econòmic i té un rendiment màxim més elevat que la resta.

1.8.8. Selecció de la millor alternativa

En aquest apartat del present projecte es pretén determinar quina de les dues alternatives estudiades en els apartats anteriors és la que millor s'adapta als requisits inicials. Des del punt de vista tècnic les dues instal·lacions són similars, únicament varia el nombre de panells instal·lats i l'inversor. La primera alternativa consta de 4 files de 6 panells i la segona alternativa consta de 5 files de 6 panells.

Des del punt de vista econòmic, quan major sigui la potència instal·lada major serà el rendiment econòmic de la instal·lació, tot i que en aquest cas degut a l'espai de que es disposa la separació entre files varia i per tant les pèrdues produïdes entre els propis disminuiran la producció d'energia elèctrica. A l'apartat 2.2 s'ha estudiat cada una de les alternatives des del punt de vista econòmic.

Una estimació dels costos preveu una inversió inicial de 29.420,51 € per a l'alternativa de 24 panells i de 35.897,32 € per a l'alternativa de 30 panells. A partir del Reial Decret 436 de 12 de Març que fixa una tarifa de referència i una prima del 575%, sobre aquesta tarifa de referència, per a les explotacions en règim especial que utilitzen com a font d'energia la solar fotovoltaica permet estimar que els ingressos per la venda d'energia seran de 2.915,08 € per a la primera i de 3.498,87 € per a la segona, tenint en compte les pèrdues per ombres entre els propis panells. Amb tot això, s'ha calculat el període de retorn que és de 13 any per a cada una de les alternatives. Finalment, s'ha calculat la Taxa Interna de Rendibilitat per tal de poder comparar econòmicament cada una de les alternatives. La TIR de la primera alternativa és de 8,62% i de 8,95% per a la segona alternativa considerant un període de vida de 25 anys per a cada una.

Si es valora cada alternativa des del punt de vista mediambiental la primera alternativa contribueix a la reducció de les emissions de CO₂ en 66.194,50 kg i la segona en 79.451,10 kg en un període de 25 anys.

Considerant els resultats obtinguts, la rendibilitat de les dues instal·lacions és molt baixa per un període de 25 anys, cosa que no les fa molt atractives des del punt de vista econòmic. Però, una de les principals raons d'aquest projecte és recolzar l'energia solar fotovoltaica, ja que no contamina i ajuda a disminuir l'efecte hivernacle.

Tenint-ho tot en compte, tot i que la primera alternativa és més econòmica, la segona té el mateix període de retorn, una rendibilitat més elevada i sobretot contribueix en un 25% més en la reducció de les emissions de CO₂, per tant es tria l'alternativa de 30 panells distribuïts amb 5 files de 6 panells cada una amb una potència fotovoltaica total de 5400 W.

1.9. Subvencions i ajuts

En el present apartat s'han estudiat les principals subvencions i ajuts als quals es podria adherir una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa per tal de reduir el cost final de la instal·lació.

L'elevada inversió inicial per una banda, producte de l'alt cost dels panells solars, i per una altra el seu baix rendiment energètic relatiu, fan que una instal·lació fotovoltaica sigui poc rendible. Només mitjançant la subvenció de les instal·lacions i la prima de la producció d'aquesta forma de generació d'energia, pot fer-se avui possible la instal·lació de camps solars, tot esperant que es produeixi un salt tecnològic que permeti millorar l'eficiència de la producció fotovoltaica, i la reducció de costos conseqüent, i que faci la producció d'energia fotovoltaica un negoci rendible econòmicament per a l'inversor, no només des del punt de vista medi ambiental.

Des de la Unió Europea no es donen ajuts a l'explotació, sinó a projectes d'investigació i desenvolupament i projectes demostratius que tenen elements innovadors. En general es tracta de projectes grans, d'àmbit universitari o d'empreses, que gens tenen a veure amb una instal·lació domèstica. Per tant no es poden optar a ajudes comunitàries. No obstant, part dels ajuts de l'IDAE i des les comunitats autònomes, en realitat provenen de fons europeus.

En l'àmbit estatal actualment no hi ha cap línia d'ajut directa. Els ajuts per al 2006 s'han establert al Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER) i es canalitzen a través de les comunitats autònomes. Al PER 2005-2010 es preveuen ajuts a la inversió, a fons perdut, per a instal·lacions fotovoltaïques aïllades. Per a instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa es preveuen ajuts a la explotació, a través de la tarifa reguladora establerta al Reial Decret 436/2004. Per aquest tipus d'instal·lacions no es preveuen ajuts, ja que es considera que amb la prima per explotació ja és suficient.

La Generalitat tampoc es preveu ajuts a les instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa. Tal i com descriu el TRI/301/2006, del 12 de juny, tan sols es beneficien dels ajuts de la Generalitat les instal·lacions de Biomassa, de biogàs, solar tèrmica i fotovoltaica aïllada.

Una vegada analitzades totes les possibles opcions per a demanar ajuts i subvencions als organismes oficials, s'ha arribat a la conclusió que una instal·lació tan sols es pot adherir al Reial Decret 436/2004, el qual estableix una prima per a la producció d'energia fotovoltaica. A l'apartat 2.2. es descriu detalladament les tarifes establertes pel RD.

1.10. Resultats finals

1.10.1. Descripció de la instal·lació

En el present apartat es descriu de manera exhaustiva la instal·lació fotovoltaica. Es tracta d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa destinada a la producció d'energia elèctrica per a la seva venda. La instal·lació serà independent a la instal·lació elèctrica de la vivenda. Tota l'energia produïda es vendrà a la companyia elèctrica, ja que d'aquesta manera la instal·lació es pot beneficiar de la prima que estableix el Reial Decret 436/2004 i per tant fer-la més rendible des del punt de vista econòmic. L'energia elèctrica per al consum de la vivenda no sofreix cap modificació i es seguirà comprant a la companyia elèctrica tal i com es faria en una vivenda normal.

Els elements que la componen són:

- Generador fotovoltaic
- Inversor
- Instal·lació elèctrica
- Equip de control i diagnòstic

1.10.1.1. *Generador fotovoltaic*

El generador fotovoltaic compren la instal·lació necessària per captar l'energia del Sol i transformar-la en energia elèctrica. Els elements que el componen són els panells fotovoltaics i l'estructura de suport. Els mòduls fotovoltaics són els encarregats de transformar la radiació solar en energia elèctrica, aquest s'ubicaran sobre la coberta (Veure plànol nº 4 i 8) i l'estructura de suport serveix per fixar els panells a la coberta.

El model de panell solar seleccionat a l'apartat 1.6.4 és el BP 7180. És un mòdul d'alta eficiència dissenyat per aplicacions que necessiten la màxima producció en una espai limitat. Està fabricat per a sistemes connectats a la xarxa com teulades d'edificis comercials, sistemes residencials i plantes fotovoltaïques. El panell incorpora díodes de bypass per tal d'evitar l'efecte del punt calent produït per les ombres.

Les característiques tècniques es mostren a la Taula 1.6.

Potència nominal	180 W
Eficiència	14,3%
Tensió nominal	24 V
Tensió màxima	36,2 V
Intensitat màxima	5,0 A
Intensitat de curtcircuit	5,4 A
Tensió de curtcircuit	44,8 V
Dimensions	1593x790x50 mm
Pes	15,4 kg

Taula 1.6. Característiques tècniques mòdul fotovoltaic BP7180

Els mòduls es col·locaran horitzontals, és a dir, el costat més ample es recolzarà sobre la coberta, per tal d'evitar les carregues produïdes pel vent i per tal de reduir el impacte visual.

En total, s'instal·laran 30 panells, tal i com s'ha estudiat a l'apartat 1.8.8, disposats en cinc files de sis panells cada una orientades al sud. La separació entre cada fila serà d'1 m. La inclinació dels mòduls serà de 36° respecte de la horitzontal, ja que segons s'ha calculat a l'apartat 2.1.1 és la inclinació òptima per captar la major radiació solar durant tot l'any. En el plànol nº 8 és mostra la col·locació dels panells sobre la coberta.

Els panells es connectaran elèctricament mitjançant 3 línies en paral·lel de 10 panells en sèrie cada una. L'esquema de connexió es mostra al plànol nº 7. Els 30 mòduls fotovoltaics, representen en total una potencia instal·lada de 5400 W.

El model d'estructura seleccionat per a fixar els panells a la coberta consisteix en dos triangles fixats directament sobre la coberta mitjançant unions roscades. Aquest sistema té l'avantatge que és el més econòmic i no requereix de manteniment, ja que és simple i molt resistent.

El disseny de l'estructura garanteix una perfecta captació de la radiació solar amb un angle d'inclinació de 36° respecte de l'horitzontal. L'estructura, segons el fabricant, està calculada per proporcionar fermesa als mòduls i suportar carregues extremes degudes a factors climatològics adversos com neu, terratrèmols i vents de més de 150 km/h.

Els triangles estan construïts amb perfils d'acer laminat i galvanitzats amb un gruix aproximat de 200 micres, que allarga la vida útil de cada un dels elements tractats i elimina la necessitat de manteniment dels mateixos.

Els triangles es fixen sobre la coberta mitjançant espàrrecs d'acer inoxidable. S'utilitzaran dos triangles per a cada panell, de manera que s'instal·larà un total de 60 suports. Quan es faci el muntatge primer es fixaran els panells sobre els suport i després es fixarà tot el conjunt sobre la coberta.

Per altra banda, a l'apartat 2.19. s'han calculat les sol·licitacions màximes que pot suportar la coberta, tenint en compte la sobrecarrega que representa el pes dels mòduls i la força del vent que actua sobre aquests. Segons els resultats obtinguts, la instal·lació no sobrepassa els límits màxims admissibles per la coberta.

1.10.1.2. L'inversor

L'inversor seleccionat és el model SOLARMAX 6000C del fabricant SPUTNIK (Veure 1.8.7), indicat per a instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa. La seva facilitat d'ús, el nul manteniment i el baix nivell sonor el fan adequat per a entorns domèstics.

L'inversor disposa d'un sistema de control que permet un funcionament totalment automatitzat. Durant els períodes nocturns, l'inversor roman parat vigilant els valors de tensió de la xarxa i del generador fotovoltaic. Quan surt el Sol, la tensió del generador augmenta i posa en funcionament l'inversor, que comença a injectar corrent a la xarxa. El consum d'energia en estat d'espera és gairebé nul.

L'inversor incorpora els mecanismes de protecció per a situacions com:

- Fallo a la xarxa elèctrica.
- Tensió de xarxa fora de rang.
- Freqüència de la xarxa fora dels límits de treball.
- Temperatura de l'inversor elevada.
- Tensió del generador fotovoltaic baixa.
- Intensitat del generador fotovoltaic insuficient.

Les característiques tècniques de l'inversor s'adjunten a la Taula 1.7.

Potència nominal	4600 W
Tensió màxima d'entrada	600 V _{DC}
Intensitat màxima d'entrada	22 A _{DC}
Potència fotovoltaica màxima	6000 W
Potència màxima de sortida	5000 VA
Eficiència màxima	97%
Rang de tensió de sortida	196...253 V
Factor de potència	>0,98
Freqüència	49,8...50,2 Hz
Temperatura de treball	-20°C...+50°C
Dimensions	554x260x190 mm
Massa	16,3 kg






Taula 1.7. Característiques tècniques de l'inversor.

1.10.1.3. Instal·lació elèctrica

Segons el Real Decret 1663/2000, la potència nominal de la instal·lació ve determinada per la potència nominal de l'inversor que és de 4600 W. Segons el mateix Real Decret per a instal·lacions amb una potència nominal igual o inferior 5 kW el subministrament es realitzarà de forma monofàsica en tots els trams de corrent altern.




Per a tota la instal·lació s'utilitzarà cable de coure flexible Fabriflex, ja que permet adaptar-se al contorn de l'edifici, serà de classe 5, amb aïllament XPLE i coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV UNE 21123 IEC 502 90, de tensió nominal no inferior a 1000 V, tal i com especifica el REBT. Els cables de protecció, també seran de coure i amb el mateix nivell d'aïllament dels conductors.

La identificació dels cables de corrent altern es farà mitjançant el codi de colors conforme la IT-BT-19 (Taula 1.8).

Conductor	Color		
Neutre	Blau 		
Protecció	Verd-groc 		
Fase	Marró 	Negre 	Gris 

Taula 1.8. Codificació cromàtica dels conductors d'alterna.

Per a corrent continu el codi de colors utilitzat es mostra a la Taula 1.9.

Positiu	Negatiu	Protecció
Vermell 	Negre 	Verd-groc 

Taula 1.9. Codificació cromàtica dels conductors de corrent continu.

Les unions dels conductors es faran dins de caixes específiques i mai a l'interior dels tubs. S'utilitzaran per a la connexió regletes de connexió de la secció que correspon als conductors a unir. No es torçaran els cables per unir-los.

Connexió a la xarxa elèctrica

Actualment la vivenda ja disposa de connexió a la xarxa elèctrica encara que aquesta no esta prevista per a una possible ampliació i per això es modificarà i tindrà les característiques que es descriuen a continuació:

L'esquema de la instal·lació d'enllaç entre la xarxa interior i l'escomesa es farà segons el punt dos de la ITC-BT-13, per al cas de subministres per a un o dos usuaris alimentats des del mateix punt. Al no existir línia general d'alimentació, la instal·lació es simplificarà en un únic element, la caixa general de protecció i mesura (CPM). Aquesta es situarà a la part exterior de la parcel·la en un lloc de lliure accés. La seva situació es fixarà de comú acord entre la propietat i l'empresa elèctrica tot i que en els plànols s'ha previst una possible ubicació.

La CPM (Figura 1.18) contindrà la caixa general de protecció i l'equip de mesura. L'esquema de la caixa general de protecció a utilitzar es farà en funció de les necessitats dels subministres sol·licitats, del tipus de xarxa d'alimentació i ho determinarà companyia elèctrica.

La caixa de derivació contindrà una derivació cap al consum de la vivenda i una altra cap a la instal·lació fotovoltaica. Dins de la CPM a més d'existir el comptador d'entrada al consum de la vivenda s'instal·laran dos comptadors unidireccionals, un d'entrada i un de sortida per a la instal·lació fotovoltaica. Aquests compliran la normativa segons la ITC-BT-16 i el Reial Decret 1663/200. Els comptadors seran el model Monofàsic 162 de la marca danesa Kamstrup homologats per la Unió Europea i amb unes dimensions de 90x125x45 mm.

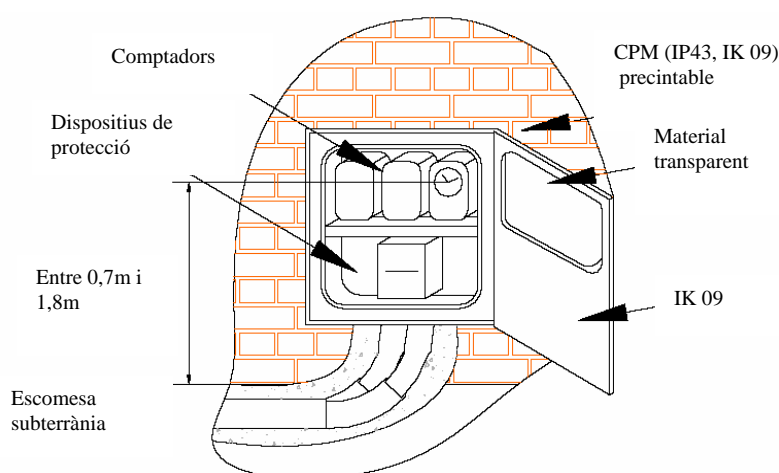


Figura 1.18. Caixa de protecció i mesura amb escomesa subterrània.

Instal·lació interior

Aquesta part compren des de la unió dels captadors a l'inversor, fins a la connexió a la xarxa elèctrica. D'acord als diferents trams que tindrà la instal·lació i considerant les condicions de funcionament de cada un d'ells, es distingeixen tres línies diferenciades entre sí.

- **Línia corrent altern (L1):** Compren des de la caixa de protecció general (CPG) fins a l'inversor (Veure plànol nº11). Per realitzar la connexió s'utilitza cable bipolar, fase i neutre. Des de la CPM fins a l'interior de l'edifici el conductor es condueix soterrat dins d'un tub de 63 mm de diàmetre. Els tubs s'instal·laran a una profunditat mínima 0,60 m. A una altura mínima de 0,06 m del tub s'indicarà l'existència del mateix mitjançant un cinta. A l'interior de la vivenda el cable conductor anirà grapat a la paret dins d'un tub fins a l'inversor.

Les condicions de funcionament d'aquesta línia seran de corrent altern amb una tensió nominal de 220 V, una intensitat màxima de 22,7 A i una potència màxima de 5000 W. D'acord amb el plec

de condicions tècniques de l'IDAE es té que la secció requerida del conductor de fase i neutre, considerant una longitud màxima de 15 m i una caiguda de tensió màxima d'1% i segons els càlculs de l'apartat 2.1.7, serà de 10 mm². El conductor de protecció es conduirà juntament amb el de fase i neutre i tindrà la mateixa secció.

- **Línia corrent continu (L2):** Va des de l'inversor fins a les derivacions de les línies fotovoltaïques (Veure plànol nº12). Aquesta línia està formada per dos cables conductors, un positiu i l'altre negatiu. Cada pol es conduirà per separat dins d'un tub flexible de PVC de 16 mm de diàmetre fixat a la paret mitjançant abraçadores.

El corrent d'aquesta línia serà continu amb una tensió nominal de 240 V, una tensió màxima 448 V i una intensitat de curtcircuit de 16,2 A amb una caiguda de tensió màxima de l'1,5%. La longitud del conductor serà d'un màxim de 5 m i segons els resultats obtinguts en els càlculs de l'apartat 2.1.7 tindrà una secció de 4 mm².

- **Línia fotovoltaica (L3.1, L3.2 i L3.3):** Està formada per tres línies en paral·lel amb deu panells en sèrie cada una. Cada una de les tres línies es connectarà a la línia L2 a l'interior de la caixa de proteccions mitjançant una regleta de connexions.

Les tres línies circularan per l'exterior de la casa fins al pàrquing, a l'interior de la mateixa (Veure plànols nº8 i nº12). El pas a través del sostre estarà obturat mitjançant un tancament estanc i l'extremitat superior sobresortirà per damunt del terra almenys 10 cm. Cada pol es conduirà per separat dins d'un tub de PVC de 16 mm de diàmetre per tal d'evitar curtcircuits degut a defectes a l'aïllament del cable conductor i es fixarà mitjançant abraçadores cada metre o en els punts on es produeixi un canvi de sentit. Juntament amb aquesta línia, discorrerà el conductor de protecció.

La connexió amb sèrie de cada un dels mòduls es farà a través de caixes de connexió ubicades sota de cada un dels mòduls i l'aïllament serà de classe II.

El corrent de cada una de les línies serà continu, de tensió màxima de 448 V i una intensitat de curtcircuit de 5,4 A amb una caiguda de tensió màxima de 1,5%. La longitud dels conductor serà d'un màxim de 20 metres. Segons els càlculs de l'apartat 2.1.7 i tindrà tindran una secció de 1,5 mm².

A la Taula 1.10 es mostren resumides les seccions dels conductors utilitzats:

Línia	Secció (mm ²)	Nº conductors
L1	10	2 (fase i neutre)
L2	4	3 (positiu, negatiu i terra)
L3	1,5	7 (3 positius, 3negatius i terra)

Taula 1.10. Secció dels conductors utilitzats.

Elements de protecció

Els elements de protecció s'instal·laran en funció del tipus de corrent que circula per la línia. Es diferenciarien dos parts, la part de corrent continua que compren des del generador fotovoltaic fins a l'inversor i la part de corrent altern que va des de l'inversor fins a la connexió a xarxa

Totes els elements de protecció s'ubicaran dins el quadre de proteccions instal·lat a l'interior del pàrquing de la vivenda. L'aïllament del quadre de proteccions serà de classe II, permetrà el tancament amb clau i estarà degudament senyalitzat amb la senyal de perill elèctric. Per tal de veure la ubicació de cada un dels elements, veure plànol nº 11.

Corrent continua

- **Fusible:** El curtcircuit no és perillós pel generador fotovoltaic, ja que la corrent màxima que pot produir es troba limitada a un valor molt pròxim a la màxima suportada pel mateix. En canvi, si que és perjudicial per l'inversor. També convé protegir l'inversor en front pujades de tensió excessives. Per tant, s'instal·larà un fusible tipus gG, ja que és limitador de corrent i actua quan hi ha presència de corrents de curtcircuit o quan es produeix una sobrecarrega. Se n'instal·larà un a cada pol de les línies L3.1, L3.2 i L3.3. de 550 V i 6 A. Al mateix temps aquest fusible també actuarà com a protecció per al conductor. La corrent d'actuació màxima és de 10 kA.
- **Vigilant d'aïllament:** L'inversor seleccionat incorpora un controlador permanent d'aïllament que detecta un primer fallo, quan la resistència de l'aïllament és inferior a un valor determinat pel fabricant. Amb aquesta condició es garanteix que el corrent de defecte serà inferior a 30 mA, que marca el llindar de perill elèctric per les persones. L'inversor parará el seu funcionament i activarà una alarma visual.
- **Limitador de sobretensions:** Sobre el generador fotovoltaic, es poden generar sobretensions d'origen atmosfèric de certa importància. Per això, es protegirà l'entrada de corrent continu de l'inversor mitjançant un limitador de sobretensions de protecció classe II amb un temps

d'actuació inferior a 25 ns i una corrent d'actuació de 15 kA i una intensitat nominal de 5 kA. La tensió d'operació d'aquest dispositiu serà d'entre 375 i 575 V.

Corrent altern

- **Interruptor general manual (ICP-M):** Segons el Reial Decret 1663-2000 és necessari incloure un interruptor magnetotèrmic general omnipolar amb poder de tall superior a la corrent de curtcircuit indicat per l'empresa distribuïdora al punt de connexió.

Aquest interruptor s'ubicarà al quadre de comptadors de la instal·lació fotovoltaica i només serà accessible per l'empresa distribuïdora, per tal de poder realitzar la desconexió manual, que permeti la realització, de manera segura, de tasques de manteniment de la xarxa de la companyia elèctrica.

L'interruptor magnetotèrmic tindrà un poder de tall de 6000 A i estarà calibrat per a una intensitat de 35 A.

- **Interruptor magnetotèrmic:** Al ser el primer magnetotèrmic inaccessible, és necessari introduir-ne un segon, de menys intensitat nominal, que és el que realment protegeix la instal·lació de les sobre càrregues i curtcircuits. Aquest es situarà a l'interior de la vivenda dins del quadre de protecció. S'utilitzarà un magnetotèrmic tipus C, ja que són els més utilitzats quan no existeixen corrents d'arrencada de consum elevades. Aquest serà unipolar de 32 A de corrent assignada i amb un poder de tall mínim de 6000 A.
- **Interruptor diferencial:** La instal·lació, per tal de protegir-la contra contactes indirectes, comptarà amb un diferencial de 30 mA que s'ubicarà també dins del quadre de protecció. El seu temps de desconexió no serà superior a 0,02 segons. Per tal de que sigui només actiu contra contactes indirectes, tindrà una intensitat assignada superior a la del magnetotèrmic de protecció. En aquest cas, serà bipolar amb una corrent assignada de 40 A
- **Interruptor manual:** El sistema disposarà d'un interruptor de desconexió manual per poder aïllar la instal·lació fotovoltaica de la xarxa elèctrica. Aquest interruptor serà omnipolar de tensió nominal 220 V.
- **Interruptor automàtic d'interconnexió:** Segons la ITC-BT-40 i el Reial Decret 1663-2000 el corrent injectat ha de complir una sèrie d'especificacions. L'inversor seleccionat ja inclou els mecanismes necessaris per garantir les especificacions del corrent. Els elements de que consta es descriuen a continuació:

- Per a la desconexió automàtica de la instal·lació fotovoltaica en cas de pèrdua de tensió o freqüència de la xarxa, inclou un relé d'enclavament. Els valors d'actuació per a màxima i mínima freqüència, màxima i mínima tensió són de 51 Hz, 49 Hz, 242V i 187 V respectivament.
- El rearmament de la connexió amb la xarxa de baixa tensió serà automàtic, una vegada restablerta la tensió de la xarxa de l'empresa distribuïdora. El rearmament es farà mitjançant un contactor governat normalment per l'inversor però podrà ser activat manualment. L'estat del contactor ("on/off"), està senyalitzat clarament al frontal de l'inversor.
- L'interruptor automàtic d'interconnexió impedeix el funcionament en mode illa, per tal de garantir la seguretat dels treballadors de l'empresa elèctrica.

Quadre de proteccions

El quadre de proteccions és on es guardaran els interruptor magnetotèrmics, diferencials, fusibles i cables de connexió de la instal·lació fotovoltaica per protegir-los de la intempèrie. L'armari estarà situat a la paret posterior del pàrquing de la vivenda. Les característiques de la caixa són les que es mostren a Taula 1.11.

Grau de protecció	IP 54-9
Resistència al xoc	20 Joules
Tensió nominal	660 V
Intensitat màxima	400 A
Resistència a curtcircuit	50 kA

Taula 1.11. Característiques tècniques del quadre de proteccions.

El quadre de proteccions és un armari mural fet de polièster amb fibra de vidre autoextingible, de color RAL 7032. Les portes són de xapa d'acer d'1 mm de gruix, protegides per un revestiment de pintura epoxi. Les mesures són 300 mm de profunditat, 975 mm d'altura i 590 mm d'ample.

Línia de terra

La posada a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni proteccions, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora que no pertany al mateix mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats al terra. Mitjançant la instal·lació d'una presa de terra s'evita l'aparició de diferències de potencial perilloses. Per tant, l'objectiu d'aquesta part de la instal·lació elèctrica és limitar la tensió que, respecte del terra, poden presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el perill que suposa una averia dels materials elèctrics utilitzats.

Totes les masses i elements elèctrics de la instal·lació es connectaran a terra independentment del neutre de l'empresa distribuïdora i de la instal·lació elèctrica de la vivenda d'acord amb el REBT.

La presa de terra es farà mitjançant una pica d'acer amb un recobriment de coure de 2 mm, un diàmetre total de 19 mm i una longitud de 2 m. Aquesta anirà col·locada a una profunditat de 80 cm, per sota del nivell del terra. La pica es clavarà en el punt més pròxim a la caixa de proteccions.

Els conductors de protecció són els que uneixen elèctricament les masses de la instal·lació amb el conductor de terra, a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes. També es consideren conductors de protecció aquells que uneixen les masses al neutre de la xarxa.

La secció del conductor de protecció per a cada una de les línies serà la de la Taula 1.12.

Línia	Secció del conductor (mm²)	Secció dels conductors de protecció (mm²)
L1	10	10
L2	4	4
L3	1,5	1,5

Taula 1.12. Secció dels conductors de protecció.

1.10.1.4. Equip de control i diagnòstic

L'equip de control i diagnòstic estarà constituït per la centraleta MaxComm de Solarmax, que permet la comunicació entre la instal·lació solar i el món exterior. Aquest aparell mesura els valors i la informació sobre l'estat de l'inversor i es poden consultar en una pantalla LCD. Per altra banda, aquest dispositiu permet la connexió d'un ordinador amb el software de comunicació MaxTalk de SolarMax.

L'equip MaxComm es connectarà a l'inversor mitjançant un cable de xarxa tipus RJ-45. L'alimentació elèctrica AC es farà amb un transformador, que ja incorpora el mateix dispositiu, i es connectarà amb un endoll a 230 V.

1.10.2. Dades tècniques de la instal·lació

Després de realitzar els càlculs sobre la instal·lació, s'han seleccionat els elements que formaran els sistema, sent les següents dades les característiques tècniques de la instal·lació:

- Latitud: 41° 40'
- Altura: 340 m
- Orientació: Sud
- Inclinatoria dels mòduls: 36°
- Àrea ocupada pels panells fotovoltaics: 70,99 m²
- Àrea instal·lada de panells fotovoltaics: 37,75 m²
- Número de mòduls fotovoltaics: 30
- Potència dels mòduls fotovoltaics: 180 W
- Potència fotovoltaica instal·lada: 5400 W
- Potència nominal de l'inversor: 4600 W
- Rendiment de l'inversor: 0,97
- Energia disponible a partir del Sol a l'any: 55469,37 kWh
- Energia que subministra la instal·lació fotovoltaica a l'any: 6977,13 kWh
- Benefici que produeix la instal·lació el primer any: 3.072,60 €

Els resultats s'han obtingut a partir dels càlculs realitzats a l'apartat 2.1 i 2.2.

1.11. Planificació

La planificació de la instal·lació objecte del projecte es realitza seguint uns criteris, per a optimitzar el termini d'execució de l'obra muntatge i per a optimitzar els recursos a emprar en el projecte i la seva utilització.

Es procura que aquesta planificació sigui precisa, realitza i fàcil de realitzar, ja que són els criteris que s'han seguit per a la seva confecció. La planificació i realització de les activitats es realitza d'acord amb les especificacions de la memòria descriptiva d'aquest projecte. Els operaris, així com el perit encarregat de la supervisió de les activitats, ha de procurar complir els terminis de temps establerts en aquesta planificació, podent ser sancionats, si es detecta un retard per un desinterès o baix rendiment en el treball, Aquestes sancions podran ser de tipus econòmic.

La jornada laboral dels treballadors no podrà superar les vuit hores diàries. Els materials necessaris es troben a peu d'obra en el moment de ser utilitzats, evitant així el retard que es podria generar per la falta d'algun material necessari per a l'execució de la instal·lació. La planificació es realitza segons s'especifica a continuació:

- Instal·lació dels panells fotovoltaics a la teulada i l'estructura de suport (Temps estimat: 16 h).
- Instal·lació de l'inversor (Temps estimat: 3 h).
- Instal·lació del quadre de proteccions i les proteccions elèctriques (Temps estimat: 8 h).
- Instal·lació del cablejat elèctric que va des dels panells fins a l'inversor i les proteccions (Temps estimat 10 h).
- Instal·lació de la caixa de protecció i mesura (Temps estimat: 3 h).
- Connexió de la instal·lació a la xarxa elèctrica (Temps estimat 4 h).
- Posada en marxa de la instal·lació (Temps estimat 2h)

Després de realitzar la exposició de les tasques a realitzar s'ha desenvolupat el diagrama de Gantt corresponent a la instal·lació tal i com es mostra a la Taula 1.13.

Tasca Dies	1	2	3	4	5	6
Instal·lació dels panells fotovoltaics a la teulada i l'estructura de suport						
Instal·lació de l'inversor						
Instal·lació del quadre de proteccions i les proteccions elèctriques						
Instal·lació del cablejat elèctric que va des dels panells fins a l'inversor i les proteccions						
Instal·lació de la caixa de protecció i mesura						
Connexió de la instal·lació a la xarxa elèctrica						
Posada en marxa de la instal·lació						

Taula 1.13. Diagrama de Gantt de la execució del projecte

La durada total prevista per a l'execució del present projecte és de 6 dies hàbils.

1.12. Conclusions

La posada en marxa d'un camp solar connectat a la xarxa elèctrica és possible i rendible econòmicament, sempre i quan el propietari disposi del suficient capital per fer front a la inversió inicial, a més a més tenen l'avantatge de no caler de grans infraestructures i poder-se instal·lar en els terrats dels domicilis.

El desenvolupament d'aquest projecte ha permès veure i avaluar diversos aspectes referents a una instal·lació fotovoltaica a xarxa, que van des de la captació de l'energia solar, fins als costos i finançament de la instal·lació. Simultàniament, també s'ha pogut avaluar la influència que poden arribar a tenir certs aspectes sobre el dimensionat de les instal·lacions.

Cal destacar la dificultat que ha tingut dissenyar una instal·lació fotovoltaica que obtingués la màxima rendibilitat econòmica en un espai tan reduït com el que es disposa. Per això, s'han tingut que estudiar econòmicament les dues alternatives que millor s'adaptaven a les característiques de la vivenda. La principal diferència entre les dues alternatives és la separació entre files de mòduls fotovoltaics. A la primera alternativa, les ombres entre els mòduls eren gairebé nul·les, en canvi, a la segona alternativa a les primeres hores del dia, els mòduls es troben completament tapats per les ombres dels panells de la fila del davant. En contra del que es podria pensar, la diferència entre una alternativa i l'altre respecte a les pèrdues per ombres és gairebé nul·la ja que la major part d'energia es capta durant el migdia solar que és quan els panells no estan coberts per les ombres. Finalment, s'ha optat per la segona alternativa ja que des del punt de vista econòmic i mediambiental era molt més atractiva.

El pressupost total de la instal·lació ascendeix a uns 35.114,44 €. Tot i l'elevat cost inicial de la solució proposada, és un bon moment per invertir en una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa, ja que des de l'aprovació del Reial Decret 436/2004, el govern bonifica el kWh venut pagant-lo a 575% del cost de compra per a instal·lacions inferiors a 100 kWp. Així mateix, la llei actual obliga a bonificar l'energia elèctrica produïda durant els primer 25 anys de vida de la instal·lació, amb la qual cosa, el període d'amortització de l'inversió es redueix considerablement i es poden obtenir beneficis econòmics en un futur. Sense tenir en compte possibles subvencions en un futur, el període de retorn s'ha estimat que podria ser d'11 anys.

L'aspecte més important és la reducció en les emissions de CO₂, que segons els càlculs podria arribar a reduir-les en un total de 79.451,10 kg al cap de 25 anys

1.13. Agraïments

L'autor del present projecte agraeix sincerament l'ajuda rebuda per part de les següents persones:

- Lluís F. Cabeza
- Companys de l'Escola Politècnica Superior
- Familiars, amics i a la Laura.

Sense ells la redacció d'aquest projecte difícilment hauria estat possible.

2. ANNEXES

Índex dels Annexes

Índex dels Annexes.....	55
2.1. Càlculs.....	56
2.1.1. Càlcul de l'energia solar incident i la inclinació òptima dels panells.....	56
2.1.2. Càlcul de la separació de les files de panells segons l'IDAE.....	61
2.1.3. Càlcul de la potència nominal de l'inversor.....	62
2.1.4. Càlcul de les pèrdues per ombres entre els propis panells.....	63
2.1.5. Càlcul de l'energia generada.....	96
2.1.6. Dimensionat de la instal·lació elèctrica.....	98
2.1.7. Dimensionat dels elements de protecció.....	109
2.1.8. Dimensionat de la línia de terra.....	111
2.1.9. Càlcul de la sobrecarrega suportada per la coberta.....	113
2.2. Estudi econòmic i mediambiental.....	117
2.2.1. Facturació anual.....	117
2.2.2. Inversió.....	119
2.2.3. Costos de manteniment.....	120
2.2.4. Balanç econòmic i valoració de la rendibilitat.....	120
2.2.5. Estalvi en les emissions de diòxid de carboni.....	124
2.3. Seguretat i salut.....	125
2.3.1. Prevenció de riscos en l'obra.....	125
2.4. Catàlegs de components.....	131
2.5. Taules i diagrames.....	132
2.5.1. Informació emprada en el càlcul de l'energia solar.....	132
2.5.2. Informació emprada per a realitzar el pressupost estimatiu.....	133

2.1. Càlculs

2.1.1. Càlcul de l'energia solar incident i la inclinació òptima dels panells

En aquest apartat es calcula la radiació solar que incideix sobre una superfície inclinada orientada al sud. També s'estudia la inclinació òptima de la superfície, per tal de captar la major quantitat de radiació durant tot l'any.

A continuació, es descriuen pas a pas els càlculs a seguir per tal d'obtenir la radiació anual sobre la superfície captadora. Els càlculs es realitzen per diferents inclinacions (β) de la superfície, a fi de poder determinar la inclinació òptima, és a dir, aquella que proporcioni la màxima quantitat d'energia durant tot l'any.

La mitjana de radiació sobre una superfície inclinada (\overline{H}_T) s'obté a partir de l'equació següent:

$$\overline{H}_T = \overline{R} \cdot \overline{H}$$

Eq. 2.1

La radiació solar diària sobre una superfície horitzontal (\overline{H}) s'ha obtingut del dossier "Producció de l'energia tèrmica", Cabeza (2004), els valors es mostren a la Taula 2.1, s'han agafat els valors de la ciutat de Lleida per la proximitat geogràfica amb la parcel·la objecte del projecte.

Mes	\overline{H} (kJ/m ² ·dia)	\overline{H} (kWh/m ² ·dia)
Gener	6078	1,69
Febrer	12168	3,38
Març	15592	4,33
Abril	19226	5,34
Maig	21954	6,10
Juny	24262	6,74
Juliol	24638	6,84
Agost	21350	5,93
Setembre	16740	4,65
Octubre	11980	3,33
Novembre	6302	1,75
Desembre	4006	1,11

Taula 2.1. Radiació solar sobre una superfície horitzontal a la ciutat de Lleida.

\bar{R} és el quocient entre la mitjana mensual de radiació diària sobre la superfície del captador i sobre una superfície horitzontal per cada mes, que es pot avaluar considerant separatament les components de radiació directa, difusa i reflectida del total de la radiació que arriba a la superfície terrestre, s'obté a partir de

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \cdot \bar{R}_b + \left(\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \rho \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right)$$

Eq. 2.2

\bar{R}_b es calcula per cada mes amb el quocient entre la radiació extraterrestre sobre una superfície inclinada i una superfície horitzontal a partir de les equacions següents:

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega'_s + (\pi/180) \cdot \omega'_s \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + (\pi/180) \cdot \omega_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta}$$

Eq. 2.3

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta)$$

Eq. 2.4

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \arccos(-\tan(\phi - \beta) \cdot \tan \delta)]$$

Eq. 2.5

La latitud geogràfica de la parcel·la (ϕ) és de 41,40° nord.

La declinació solar es calcula segons la següent expressió:

$$\delta \equiv 23,45^\circ \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

Eq. 2.6

El dia característic (n) s'ha extret del dossier "Producció de l'energia tèrmica", Cabeza (2004), els valors per a cada mes es mostren a la Taula 2.2.

Mes	n	Data
Gener	17	17 de gener
Febrer	47	16 de febrer
Març	75	16 de març
Abril	105	15 d'abril
Maig	135	15 de maig
Juny	162	11 de juny
Juliol	196	17 de juliol
Agost	228	16 d'agost
Setembre	258	15 de setembre
Octubre	288	15 d'octubre
Novembre	318	14 de novembre
Desembre	344	10 de desembre

Taula 2.2. Dia característic de cada mes.

El valor de la reflectància del sòl ρ s'obté a partir de la Taula 2.3. En el cas del present projecte s'agafa el valor de 0,4 de l'herba humida ja que la major part de la parcel·la és d'herba..

Tipus de sòl	Reflectància
Herba humida	0,40
Terra	0,17
Herba seca	0,32-0,38
Asfalt	0,15
Formigó	0,30
Formigó net	0,55
Neu fresca	0,80
Neu vella	0,45-0,70

Taula 2.3. Reflectància del sòl.

Per a la determinació de la relació $\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$ s'utilitza la correlació de Liu i Jordan que és:

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1,39 - 4,027 \cdot \overline{K}_T + 5,531 \cdot \overline{K}_T^2 - 3,108 \cdot \overline{K}_T^3$$

Eq. 2.7

Del dossier "Producció de l'energia tèrmica", Cabeza (2004), s'ha extret l'índex de nuvolositat (\overline{K}_T) per a cada mes. A la Taula 2.4 es mostra l'índex de nuvolositat de cada més i els dies de cada mes.

Mes	\overline{K}_T	Dies/mes
Gener	0,44	31
Febrer	0,62	28
Març	0,58	31
Abril	0,56	30
Maig	0,53	31
Juny	0,58	30
Juliol	0,61	31
Agost	0,59	31
Setembre	0,57	30
Octubre	0,54	31
Novembre	0,40	30
Desembre	0,32	31

Taula 2.4. Índex de nuvolositat i dies de cada mes.

Finalment l'expressió que determina la radiació total mensual és:

$$H_m = \overline{H}_T \cdot N_{dm}$$

Eq. 2.8

on: N_{dm} és el nombre de dies del mes.

L'angle òptim d'inclinació de la superfície captadora és aquell que al llarg de l'any aconseguix captar la major radiació possible. Per determinar-lo, s'han calculat els valors de radiació anual total per als angles que van des de 25° 45°, que són els més utilitzats en aquest tipus d'instal·lacions. La radiació total anual serà la suma de la radiació de cada mes.

Els resultats d'aplicar les equacions anteriors es mostren a continuació.

A la Taula 2.5 es mostren els resultat dels valors que no depenen de la inclinació.

Mes	δ	$\overline{H}_d / \overline{H}$	ω_s	ω'_s	Dies/mes
Gener	-20,92	0,42	70,15	70,15	31
Febrer	-12,95	0,28	78,21	78,21	28
Març	-2,42	0,31	87,85	87,85	31
Abril	9,41	0,32	98,47	96,82	30
Maig	18,79	0,35	107,6	104,11	31
Juny	23,09	0,31	112,25	107,78	30
Juliol	21,52	0,29	110,5	106,41	31
Agost	13,45	0,3	102,27	99,87	31
Setembre	2,22	0,32	91,97	91,59	30
Octubre	-9,6	0,34	81,36	81,36	31
Novembre	-18,91	0,47	72,28	72,28	30
Desembre	-23,05	0,57	67,79	67,79	31

Taula 2.5. Valors que no depenen de la inclinació.

A la Taula 2.6 es representen els valors de la radiació total mensual i anual en funció de l'angle de la superfície captadora calculats a partir del mètode descrit anteriorment.

$\beta(^{\circ})$	Radiació total mensual (kWh/m ²)												Radiació total anual (kWh/m ²)
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
25	82,04	138,92	166,65	173,15	186,77	192,31	204,64	191,30	163,22	139,71	77,18	50,88	1766,80
26	82,97	140,24	167,44	173,20	186,27	191,53	203,90	191,11	163,69	140,74	77,94	51,39	1770,44
27	83,88	141,52	168,20	173,22	185,73	190,73	203,13	190,89	164,13	141,74	78,68	51,89	1773,74
28	84,77	142,77	168,92	173,21	185,17	189,89	202,33	190,63	164,53	142,71	79,40	52,38	1776,70
29	85,65	143,99	169,60	173,16	184,57	189,02	201,49	190,33	164,90	143,65	80,10	52,85	1779,30
30	86,50	145,17	170,24	173,07	183,94	188,12	200,62	190,00	165,23	144,55	80,79	53,32	1781,56
31	87,33	146,32	170,85	172,95	183,29	187,20	199,72	189,63	165,53	145,42	81,45	53,77	1783,46
32	88,15	147,43	171,42	172,80	182,60	186,24	198,78	189,22	165,79	146,26	82,10	54,22	1785,02
33	88,94	148,51	171,95	172,61	181,88	185,26	197,82	188,78	166,02	147,07	82,74	54,65	1786,22
34	89,71	149,55	172,44	172,39	181,13	184,25	196,82	188,31	166,21	147,84	83,35	55,07	1787,08
35	90,46	150,56	172,90	172,14	180,35	183,21	195,79	187,79	166,37	148,58	83,95	55,48	1787,58
36	91,19	151,53	173,32	171,85	179,55	182,15	194,72	187,25	166,49	149,28	84,52	55,88	1787,72
37	91,90	152,47	173,70	171,53	178,71	181,05	193,63	186,67	166,57	149,95	85,08	56,26	1787,52
38	92,59	153,36	174,04	171,17	177,84	179,93	192,51	186,05	166,62	150,59	85,62	56,63	1786,96
39	93,26	154,22	174,34	170,78	176,95	178,78	191,35	185,40	166,64	151,19	86,14	57,00	1786,05
40	93,90	155,05	174,60	170,36	176,03	177,61	190,17	184,71	166,62	151,76	86,64	57,34	1784,79
41	94,53	155,83	174,83	169,91	175,07	176,41	188,95	183,99	166,56	152,30	87,12	57,68	1783,17
42	95,13	156,58	175,01	169,42	174,09	175,18	187,71	183,23	166,47	152,79	87,58	58,00	1781,21
43	95,70	157,29	175,16	168,90	173,09	173,93	186,44	182,44	166,34	153,26	88,02	58,31	1778,89
44	96,79	158,60	175,34	167,75	170,99	171,35	183,80	180,76	165,98	154,08	88,85	58,90	1776,22
45	96,79	158,60	175,34	167,75	170,99	171,35	183,80	180,76	165,98	154,08	88,85	58,90	1773,20

Taula 2.6. Valors de radiació mensual i anual pels angles que van des de 25° fins a 45°.

Per interpretar millor els resultats els valors s'han representat a la Figura 2.1.

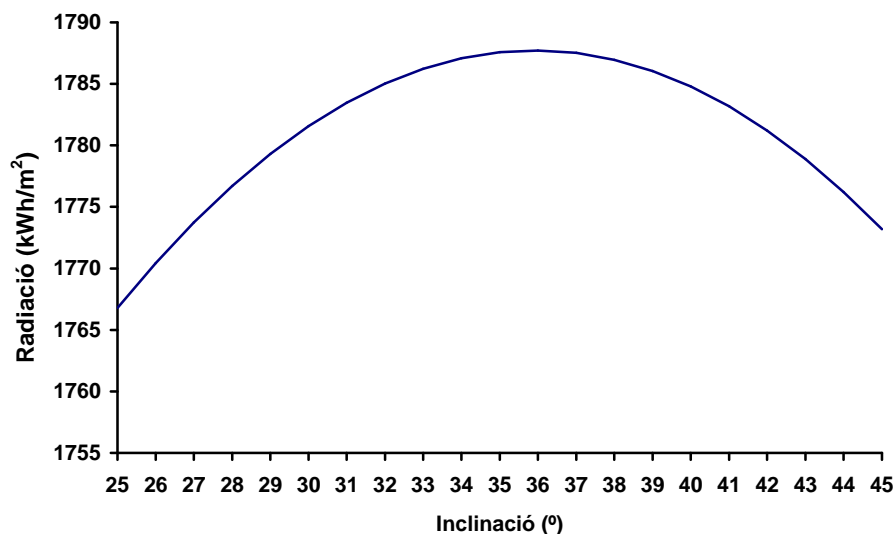


Figura 2.1. Representació gràfica dels valors de radiació mensual i anual.

A partir de la Taula 2.6 i de la Figura 2.1 es pot establir quina és la inclinació òptima de la superfície captadora. S'observa en els resultats que el valor màxim de radiació total anual correspon a un angle d'inclinació de 36°, amb 1787,72 kWh/m²

2.1.2. Càlcul de la separació de les files de panells segons l'IDAE

Per al càlcul de la distància mínima de separació de les fileres (d), l'IDAE proposa el següent mètode en el seu plec de condicions:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Eq. 2.9

on: h és la diferència d'alçades entre la part més alta del panell de davant i el punt més baix del panell anterior (Veure Figura 2.2).

La latitud és la del lloc de càlcul que per al present projecte val 41,67°.

El valor de h es determina a partir de l'equació següent:

$$h = L_p \cdot \sin \beta$$

Eq. 2.10

on: Lp és la longitud del panell que segons el fabricant BP Solar per al model de panell seleccionat val 790 mm.

El valor de β s'ha calculat a l'apartat 2.1.1 i val 36°.

Aplicant les equacions anteriors el valor de h és de 464,57 mm i la separació mínima entre files segons l'IDAE (d) és de 1303,06 mm.

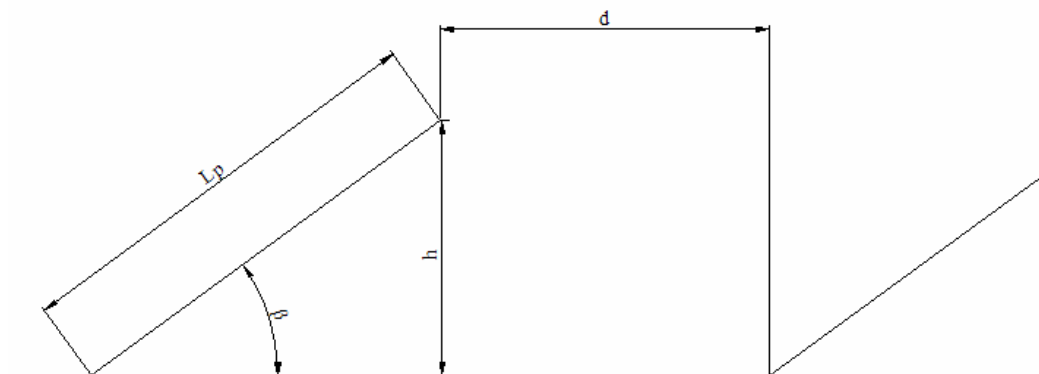


Figura 2.2. Vista esquemàtica dels panells.

2.1.3. Càlcul de la potència nominal de l'inversor

En aquest apartat es calcula la potència nominal que hauria de tenir o a la que més s'hauria d'aproximar l'inversor per tal que treballi la major part del temps en el seu punt de màxim rendiment. Per a instal·lacions orientades al sud amb un angle d'inclinació entre 30° i 40°, que és el cas del present projecte, s'utilitza un factor de sobredimensionat (F_s) de 1,1, que és la relació entre la potència fotovoltaica instal·lada (P_{FV}) i la potència nominal de l'inversor (P_n), tal i com es mostra a Eq. 2.11.

$$F_s = \frac{P_{FV}}{P_n}$$

Eq. 2.11

A partir de l'equació anterior es pot determinar la potència nominal de l'inversor.

$$P_n = \frac{P_{FV}}{F_s}$$

Eq. 2.12

A continuació es determina la potència nominal de l'inversor per cada una de les alternatives estudiades a l'apartat 1.5.7:

Alternativa de 24 panells

Tenint en compte que el nombre de panells és de 24 i que la potència mòdul fotovoltaic BP 7180, seleccionat a l'apartat 1.5.4, és de 180 W, la potència fotovoltaica instal·lada per aquesta alternativa és de

4320 W. Aplicant l'Eq. 2.12 i considerant un factor de sobredimensionat de 1,1 la potència nominal de l'inversor hauria de ser aproximadament de 3927 W.

Alternativa de 30 panells

El nombre de panells d'aquesta alternativa és de 30 panells i el model és el mateix que el de l'alternativa anterior, per tant, la potència fotovoltaica instal·lada per aquesta alternativa és de 5400 W. Aplicant l'Eq. 2.12 i considerant un factor de sobredimensionat de 1,1 la potència nominal de l'inversor hauria de ser aproximadament de 4909 W.

2.1.4. Càlcul de les pèrdues per ombres entre els propis panells

En el present apartat es pretén calcular les pèrdues per ombres produïdes entre els propis panells. L'estudi s'ha realitzat per a l'alternativa de 24 panells i per a l'alternativa de 30 panells, estudiades a l'apartat 1.8.5.

Les pèrdues per ombres depenen de la porció de panell coberta per l'ombra en cada moment del dia i de l'any.

La projecció de l'ombra sobre el panell (p) s'obté a partir de l'altitud solar, l'alçada dels mòduls i la separació entre ells. A partir de la Figura 2.3 es defineix l'alçada dels panells (h), separació entre files (x) i l'amplada dels panells (a).

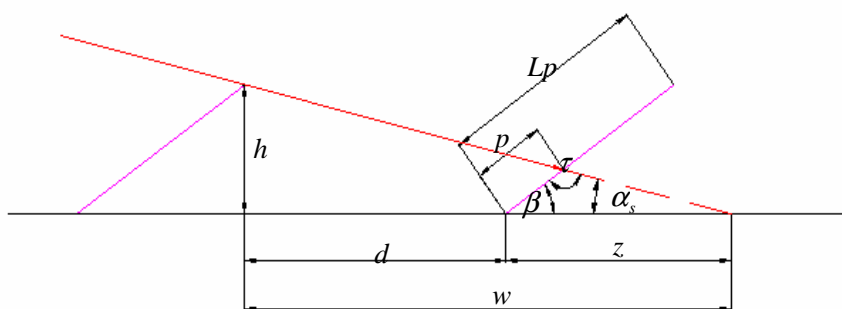


Figura 2.3. Perfil dels col·lector damunt de la coberta plana.

El valor de β s'ha calculat a l'apartat 2.1.1 i val 36° .

El valor de h s'aconsegueix mitjançant l'expressió següent:

$$h = Lp \cdot \sin \beta$$

Eq. 2.13

L'amplada dels panells (Lp) és de 790 mm i el valor de h per una inclinació de 36° val 464 mm.

La latitud geogràfica del lloc d'estudi és de $41^\circ 40'$

El valor de d val 2227 mm per a l'alternativa de 24 panells i 1000 mm per a l'alternativa de 30 panells.

L'equació que determina l'altitud solar es mostra a continuació:

$$\sin \alpha_s = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

Eq. 2.14

La declinació solar δ ja s'ha calculat a l'apartat 2.1.1 i el seu valor per a cada mes es mostra a la Taula 2.5es

ω és l'angle horari, es defineix com zero en el moment del migdia solar local i augmenta 15° cada hora que resti per arribar al migdia solar i disminueix 15° cada hora que passi del migdia solar

A partir de l'altitud solar es determina l'equació que relaciona la porció ombrejada segons la posició del Sol en cada moment del dia i de l'any.

$$w = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha_s}$$

Eq. 2.15

$$z = w - d$$

Eq. 2.16

$$\tau = 180 - \alpha_s - \beta$$

Eq. 2.17

$$\frac{\sin \alpha_s}{p} = \frac{\sin \tau}{z}$$

Eq. 2.18

Si es substitueixen les equacions 2.14, 2.15, 2.16 i 2.17 a l'equació 2.18 queda que:

$$p = \frac{(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega_s) \left(\frac{h}{\tan(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega)} - d \right)}{\sin(180 - (\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega) - \beta)}$$

Eq. 2.19

La irradiació que incideix sobre una superfície captadora no és constant durant tot el dia, ja que l'angle d'incidència de la irradiació sobre la superfície varia. Per tal de relacionar la porció ombrejada amb la radiació captada per la superfície, es considera una irradiació solar constant de valor unitari (1 W/mm). La irradiació captada pels panells en qualsevol moment del dia i de l'any serà:

$$I = \begin{cases} \cos \theta \cdot (Lp - p) & \text{si } Lp \geq p \geq 0 \\ \cos \theta \cdot Lp & \text{si } p < 0 \\ 0 & \text{si } p > Lp \text{ o } \cos \theta < 0 \end{cases}$$

Eq. 2.20

$\cos \theta$ és l'angle d'incidència solar relatiu a la superfície captadora orientada al sud, s'obté a partir de:

$$\cos \theta = \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta + \cos(\phi - \beta) \cdot \cos \omega \cdot \cos \delta$$

Eq. 2.21

La radiació captada cada mes per una superfície inclinada, tenint en compte les pèrdues per ombres entre els propis panells, ve donada per:

$$H_n = H_m \cdot \bar{P}$$

Eq. 2.22

On H_m és la radiació total mensual calculada a l'apartat 2.1.1. El valor de \bar{P} s'obté a partir de:

$$\bar{P} = \frac{\int_{t_m}^{t_s} I}{\int_{t_m}^{t_s} I_0}$$

Eq. 2.23

On I_0 és la irradiació de valor unitari rebuda pels panells però considerant que les ombres són nul·les i es calcula mitjançant l'equació següent:

$$I_0 = \begin{cases} \cos \theta \cdot Lp & si \quad \theta \geq 0 \\ 0 & si \quad \theta < 0 \end{cases}$$

Eq. 2.24

El càlcul analític de la equació 2.24 és força complex, mitjançant el mètode numèric de la regla dels trapezis composta s'aproxima la funció a una de més senzilla i es simplifica el càlcul. El procés seguit per resoldre l'equació anterior es descriu a continuació:

$$I = f(\omega)$$

Eq. 2.25

$$\int_{t_s}^{t_m} f(\omega) \approx h \left(\frac{f_0}{2} + f_1 + \dots + f_{n-1} + \frac{f_n}{2} \right)$$

Eq. 2.26

$$h = \omega$$

Eq. 2.27

Per a realitzar els càlcul s'agafen valors de I i I_0 des de que surt el Sol (ω_s), fins al mig dia solar ($\omega = 0$) amb intervals d'angle horari d'un grau. El valor de ω_s ja s'han calculat a l'apartat 2.1.1. i el seu valor es mostra a la Taula 2.5.

Els resultats d'aplicar les equacions anteriors es mostren de la Taula 2.6 a la Taula 2.35.

Gener								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		I_0 (W/mm)
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:16	70,15	0,00	0,28	790,00	0,00	790,00	0,00	221,01
7:20	70	0,20	0,28	772,78	4,90	780,15	2,80	224,73
7:24	69	0,86	0,30	718,32	21,48	749,01	12,28	236,74
7:28	68	1,51	0,31	665,83	39,08	718,99	22,35	248,67
7:32	67	2,16	0,33	615,21	57,64	690,04	32,96	260,51
7:36	66	2,80	0,34	566,37	77,07	662,11	44,08	272,27
7:40	65	3,44	0,36	519,21	97,33	635,14	55,66	283,94
7:44	64	4,07	0,37	473,65	118,34	609,08	67,68	295,51
7:48	63	4,70	0,39	429,60	140,05	583,89	80,09	306,99
7:52	62	5,33	0,40	387,01	162,40	559,53	92,88	318,36
7:56	61	5,95	0,42	345,79	185,35	535,96	106,00	329,63
8:00	60	6,56	0,43	305,90	208,83	513,14	119,43	340,79
8:04	59	7,17	0,45	267,26	232,81	491,05	133,14	351,84
8:08	58	7,77	0,46	229,82	257,23	469,64	147,11	362,77
8:12	57	8,37	0,47	193,55	282,06	448,89	161,31	373,58
8:16	56	8,96	0,49	158,37	307,24	428,78	175,71	384,28
8:20	55	9,54	0,50	124,27	332,73	409,27	190,29	394,84
8:24	54	10,12	0,51	91,18	358,50	390,35	205,03	405,28
8:28	53	10,69	0,53	59,08	384,51	371,99	219,90	415,59
8:32	52	11,26	0,54	27,93	410,71	354,18	234,88	425,76
8:36	51	11,82	0,55	0,00	435,80	336,89	249,96	435,80
8:40	50	12,37	0,56	0,00	445,69	320,10	265,10	445,69
8:44	49	12,92	0,58	0,00	455,44	303,81	280,29	455,44
8:48	48	13,46	0,59	0,00	465,04	287,98	295,52	465,04
8:52	47	13,99	0,60	0,00	474,50	272,62	310,75	474,50
8:56	46	14,52	0,61	0,00	483,80	257,71	325,98	483,80
9:00	45	15,03	0,62	0,00	492,94	243,22	341,18	492,94
9:04	44	15,54	0,64	0,00	501,93	229,16	356,33	501,93
9:08	43	16,04	0,65	0,00	510,76	215,51	371,42	510,76
9:12	42	16,54	0,66	0,00	519,42	202,26	386,43	519,42
9:16	41	17,02	0,67	0,00	527,91	189,40	401,35	527,91
9:20	40	17,50	0,68	0,00	536,24	176,92	416,15	536,24
9:24	39	17,96	0,69	0,00	544,40	164,82	430,82	544,40
9:28	38	18,42	0,70	0,00	552,38	153,08	445,34	552,38
9:32	37	18,87	0,71	0,00	560,19	141,70	459,71	560,19
9:36	36	19,32	0,72	0,00	567,81	130,67	473,89	567,81
9:40	35	19,75	0,73	0,00	575,26	119,99	487,88	575,26
9:44	34	20,17	0,74	0,00	582,52	109,65	501,67	582,52
9:48	33	20,58	0,75	0,00	589,60	99,65	515,23	589,60
9:52	32	20,98	0,76	0,00	596,49	89,97	528,55	596,49
9:56	31	21,38	0,76	0,00	603,19	80,62	541,63	603,19
10:00	30	21,76	0,77	0,00	609,69	71,60	554,44	609,69
10:04	29	22,13	0,78	0,00	616,01	62,89	566,97	616,01
10:08	28	22,49	0,79	0,00	622,13	54,50	579,21	622,13
10:12	27	22,84	0,79	0,00	628,05	46,42	591,15	628,05
10:16	26	23,18	0,80	0,00	633,77	38,64	602,77	633,77
10:20	25	23,51	0,81	0,00	639,29	31,18	614,06	639,29
10:24	24	23,83	0,82	0,00	644,61	24,02	625,01	644,61

Taula 2.7. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de gener (1).

Gener								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
10:28	23	24,13	0,82	0,00	649,72	17,16	635,61	649,72
10:32	22	24,43	0,83	0,00	654,63	10,60	645,84	654,63
10:36	21	24,71	0,83	0,00	659,32	4,34	655,70	659,32
10:40	20	24,98	0,84	0,00	663,82	0,00	663,82	663,82
10:44	19	25,24	0,85	0,00	668,10	0,00	668,10	668,10
10:48	18	25,49	0,85	0,00	672,16	0,00	672,16	672,16
10:52	17	25,72	0,86	0,00	676,02	0,00	676,02	676,02
10:56	16	25,94	0,86	0,00	679,66	0,00	679,66	679,66
11:00	15	26,15	0,86	0,00	683,09	0,00	683,09	683,09
11:04	14	26,34	0,87	0,00	686,30	0,00	686,30	686,30
11:08	13	26,53	0,87	0,00	689,29	0,00	689,29	689,29
11:12	12	26,70	0,88	0,00	692,07	0,00	692,07	692,07
11:16	11	26,85	0,88	0,00	694,62	0,00	694,62	694,62
11:20	10	27,00	0,88	0,00	696,96	0,00	696,96	696,96
11:24	9	27,13	0,88	0,00	699,08	0,00	699,08	699,08
11:28	8	27,24	0,89	0,00	700,97	0,00	700,97	700,97
11:32	7	27,35	0,89	0,00	702,64	0,00	702,64	702,64
11:36	6	27,43	0,89	0,00	704,10	0,00	704,10	704,10
11:40	5	27,51	0,89	0,00	705,33	0,00	705,33	705,33
11:44	4	27,57	0,89	0,00	706,33	0,00	706,33	706,33
11:48	3	27,62	0,90	0,00	707,11	0,00	707,11	707,11
11:52	2	27,66	0,90	0,00	707,67	0,00	707,67	707,67
11:56	1	27,68	0,90	0,00	708,01	0,00	708,01	708,01
12:00	0	27,68	0,90	0,00	708,12	0,00	708,12	708,12
Σ					35608,20		31110,94	38383,02
\bar{P}					0,928		0,811	

Taula 2.8. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de gener (2).

Febrer								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
6:44	78,21	0,00	0,18	790,00	0,00	790,00	0,00	138,78
6:48	78	0,21	0,18	771,88	3,27	779,64	1,87	142,69
6:52	77	0,93	0,20	712,76	15,23	745,83	8,71	155,75
6:56	76	1,64	0,21	655,78	28,67	713,24	16,40	168,76
7:00	75	2,35	0,23	600,83	43,51	681,81	24,88	181,71
7:04	74	3,05	0,25	547,78	59,67	651,48	34,12	194,60
7:08	73	3,75	0,26	496,54	77,05	622,17	44,07	207,43
7:12	72	4,45	0,28	447,01	95,60	593,85	54,67	220,19
7:16	71	5,15	0,29	399,10	115,23	566,45	65,90	232,87
7:20	70	5,84	0,31	352,73	135,88	539,93	77,71	245,48
7:24	69	6,53	0,33	307,82	157,48	514,24	90,06	258,01
7:28	68	7,21	0,34	264,30	179,97	489,36	102,93	270,46
7:32	67	7,90	0,36	222,11	203,30	465,23	116,27	282,82
7:36	66	8,57	0,37	181,18	227,41	441,82	130,05	295,09
7:40	65	9,25	0,39	141,46	252,24	419,10	144,25	307,26
7:44	64	9,92	0,40	102,90	277,74	397,05	158,84	319,33
7:48	63	10,58	0,42	65,43	303,87	375,62	173,78	331,31
7:52	62	11,24	0,43	29,02	330,56	354,80	189,05	343,17
7:56	61	11,90	0,45	0,00	354,93	334,56	204,62	354,93
8:00	60	12,55	0,46	0,00	366,57	314,87	220,47	366,57
8:04	59	13,19	0,48	0,00	378,10	295,72	236,56	378,10
8:08	58	13,84	0,49	0,00	389,50	277,09	252,89	389,50
8:12	57	14,47	0,51	0,00	400,79	258,95	269,41	400,79
8:16	56	15,10	0,52	0,00	411,94	241,29	286,12	411,94
8:20	55	15,73	0,54	0,00	422,97	224,09	302,99	422,97
8:24	54	16,35	0,55	0,00	433,86	207,34	319,99	433,86
8:28	53	16,96	0,56	0,00	444,61	191,02	337,11	444,61
8:32	52	17,57	0,58	0,00	455,22	175,12	354,32	455,22
8:36	51	18,17	0,59	0,00	465,69	159,62	371,60	465,69
8:40	50	18,76	0,60	0,00	476,01	144,52	388,93	476,01
8:44	49	19,35	0,62	0,00	486,19	129,80	406,30	486,19
8:48	48	19,93	0,63	0,00	496,21	115,46	423,69	496,21
8:52	47	20,51	0,64	0,00	506,07	101,48	441,06	506,07
8:56	46	21,07	0,65	0,00	515,77	87,85	458,42	515,77
9:00	45	21,63	0,66	0,00	525,31	74,57	475,73	525,31
9:04	44	22,19	0,68	0,00	534,69	61,64	492,97	534,69
9:08	43	22,73	0,69	0,00	543,90	49,03	510,14	543,90
9:12	42	23,27	0,70	0,00	552,94	36,75	527,21	552,94
9:16	41	23,79	0,71	0,00	561,80	24,79	544,17	561,80
9:20	40	24,31	0,72	0,00	570,49	13,15	560,99	570,49
9:24	39	24,83	0,73	0,00	579,00	1,81	577,67	579,00
9:28	38	25,33	0,74	0,00	587,32	0,00	587,32	587,32
9:32	37	25,82	0,75	0,00	595,47	0,00	595,47	595,47
9:36	36	26,31	0,76	0,00	603,43	0,00	603,43	603,43
9:40	35	26,78	0,77	0,00	611,19	0,00	611,19	611,19
9:44	34	27,24	0,78	0,00	618,77	0,00	618,77	618,77

Taula 2.9. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de febrer (1).

Febrer								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
9:48	33	27,70	0,79	0,00	626,15	0,00	626,15	626,15
9:52	32	28,14	0,80	0,00	633,34	0,00	633,34	633,34
9:56	31	28,58	0,81	0,00	640,33	0,00	640,33	640,33
10:00	30	29,00	0,82	0,00	647,12	0,00	647,12	647,12
10:04	29	29,41	0,83	0,00	653,71	0,00	653,71	653,71
10:08	28	29,81	0,84	0,00	660,09	0,00	660,09	660,09
10:12	27	30,20	0,84	0,00	666,27	0,00	666,27	666,27
10:16	26	30,58	0,85	0,00	672,24	0,00	672,24	672,24
10:20	25	30,95	0,86	0,00	678,00	0,00	678,00	678,00
10:24	24	31,30	0,87	0,00	683,54	0,00	683,54	683,54
10:28	23	31,64	0,87	0,00	688,88	0,00	688,88	688,88
10:32	22	31,97	0,88	0,00	694,00	0,00	694,00	694,00
10:36	21	32,29	0,88	0,00	698,90	0,00	698,90	698,90
10:40	20	32,59	0,89	0,00	703,59	0,00	703,59	703,59
10:44	19	32,88	0,90	0,00	708,05	0,00	708,05	708,05
10:48	18	33,16	0,90	0,00	712,30	0,00	712,30	712,30
10:52	17	33,42	0,91	0,00	716,32	0,00	716,32	716,32
10:56	16	33,67	0,91	0,00	720,12	0,00	720,12	720,12
11:00	15	33,91	0,92	0,00	723,69	0,00	723,69	723,69
11:04	14	34,13	0,92	0,00	727,04	0,00	727,04	727,04
11:08	13	34,34	0,92	0,00	730,16	0,00	730,16	730,16
11:12	12	34,53	0,93	0,00	733,06	0,00	733,06	733,06
11:16	11	34,70	0,93	0,00	735,73	0,00	735,73	735,73
11:20	10	34,87	0,93	0,00	738,16	0,00	738,16	738,16
11:24	9	35,01	0,94	0,00	740,37	0,00	740,37	740,37
11:28	8	35,15	0,94	0,00	742,35	0,00	742,35	742,35
11:32	7	35,26	0,94	0,00	744,10	0,00	744,10	744,10
11:36	6	35,36	0,94	0,00	745,61	0,00	745,61	745,61
11:40	5	35,45	0,95	0,00	746,89	0,00	746,89	746,89
11:44	4	35,52	0,95	0,00	747,94	0,00	747,94	747,94
11:48	3	35,57	0,95	0,00	748,76	0,00	748,76	748,76
11:52	2	35,61	0,95	0,00	749,34	0,00	749,34	749,34
11:56	1	35,64	0,95	0,00	749,69	0,00	749,69	749,69
12:00	0	35,65	0,95	0,00	749,81	0,00	749,81	749,81
Σ					40451,07		37468,75	42240,11
\bar{P}					0,958		0,887	

Taula 2.10. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de febrer (2).

Març								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
6:08	87,85	0,00	0,03	790,00	0,00	790,00	0,00	26,11
6:12	87	0,65	0,05	735,62	2,62	758,90	1,50	37,99
6:16	86	1,40	0,07	674,94	7,53	724,20	4,30	51,68
6:20	85	2,14	0,08	616,35	14,36	690,69	8,21	65,35
6:24	84	2,89	0,10	559,74	23,03	658,31	13,17	79,00
6:28	83	3,64	0,12	504,98	33,42	627,00	19,11	92,63
6:32	82	4,38	0,13	452,00	45,45	596,70	25,99	106,23
6:36	81	5,13	0,15	400,68	59,03	567,35	33,76	119,79
6:40	80	5,87	0,17	350,94	74,09	538,90	42,37	133,32
6:44	79	6,61	0,19	302,70	90,55	511,32	51,79	146,80
6:48	78	7,35	0,20	255,89	108,34	484,55	61,96	160,24
6:52	77	8,09	0,22	210,44	127,38	458,55	72,85	173,63
6:56	76	8,82	0,24	166,27	147,61	433,29	84,42	186,96
7:00	75	9,56	0,25	123,33	168,98	408,74	96,64	200,24
7:04	74	10,29	0,27	81,57	191,42	384,85	109,47	213,46
7:08	73	11,02	0,29	40,92	214,87	361,60	122,88	226,61
7:12	72	11,75	0,30	1,34	239,28	338,97	136,84	239,69
7:16	71	12,48	0,32	0,00	252,69	316,91	151,32	252,69
7:20	70	13,20	0,34	0,00	265,62	295,42	166,29	265,62
7:24	69	13,93	0,35	0,00	278,47	274,46	181,72	278,47
7:28	68	14,65	0,37	0,00	291,23	254,01	197,59	291,23
7:32	67	15,36	0,38	0,00	303,90	234,05	213,86	303,90
7:36	66	16,08	0,40	0,00	316,47	214,57	230,52	316,47
7:40	65	16,79	0,42	0,00	328,95	195,54	247,53	328,95
7:44	64	17,50	0,43	0,00	341,33	176,95	264,88	341,33
7:48	63	18,20	0,45	0,00	353,61	158,77	282,54	353,61
7:52	62	18,90	0,46	0,00	365,77	141,01	300,49	365,77
7:56	61	19,60	0,48	0,00	377,82	123,63	318,70	377,82
8:00	60	20,29	0,49	0,00	389,76	106,63	337,15	389,76
8:04	59	20,98	0,51	0,00	401,58	90,00	355,83	401,58
8:08	58	21,67	0,52	0,00	413,27	73,72	374,71	413,27
8:12	57	22,35	0,54	0,00	424,84	57,78	393,77	424,84
8:16	56	23,03	0,55	0,00	436,27	42,17	412,98	436,27
8:20	55	23,70	0,57	0,00	447,58	26,89	432,34	447,58
8:24	54	24,37	0,58	0,00	458,74	11,92	451,82	458,74
8:28	53	25,03	0,59	0,00	469,77	0,00	469,77	469,77
8:32	52	25,69	0,61	0,00	480,65	0,00	480,65	480,65
8:36	51	26,34	0,62	0,00	491,38	0,00	491,38	491,38
8:40	50	26,99	0,64	0,00	501,96	0,00	501,96	501,96
8:44	49	27,63	0,65	0,00	512,39	0,00	512,39	512,39
8:48	48	28,27	0,66	0,00	522,66	0,00	522,66	522,66
8:52	47	28,90	0,67	0,00	532,77	0,00	532,77	532,77
8:56	46	29,52	0,69	0,00	542,72	0,00	542,72	542,72
9:00	45	30,13	0,70	0,00	552,50	0,00	552,50	552,50
9:04	44	30,74	0,71	0,00	562,12	0,00	562,12	562,12
9:08	43	31,35	0,72	0,00	571,56	0,00	571,56	571,56

Taula 2.11. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de març (1).

Març								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
9:12	42	31,94	0,74	0,00	580,82	0,00	580,82	580,82
9:16	41	32,53	0,75	0,00	589,91	0,00	589,91	589,91
9:20	40	33,11	0,76	0,00	598,82	0,00	598,82	598,82
9:24	39	33,68	0,77	0,00	607,54	0,00	607,54	607,54
9:28	38	34,24	0,78	0,00	616,08	0,00	616,08	616,08
9:32	37	34,79	0,79	0,00	624,43	0,00	624,43	624,43
9:36	36	35,34	0,80	0,00	632,58	0,00	632,58	632,58
9:40	35	35,87	0,81	0,00	640,55	0,00	640,55	640,55
9:44	34	36,40	0,82	0,00	648,32	0,00	648,32	648,32
9:48	33	36,92	0,83	0,00	655,89	0,00	655,89	655,89
9:52	32	37,42	0,84	0,00	663,25	0,00	663,25	663,25
9:56	31	37,92	0,85	0,00	670,42	0,00	670,42	670,42
10:00	30	38,40	0,86	0,00	677,38	0,00	677,38	677,38
10:04	29	38,87	0,87	0,00	684,13	0,00	684,13	684,13
10:08	28	39,33	0,87	0,00	690,68	0,00	690,68	690,68
10:12	27	39,78	0,88	0,00	697,01	0,00	697,01	697,01
10:16	26	40,22	0,89	0,00	703,13	0,00	703,13	703,13
10:20	25	40,64	0,90	0,00	709,03	0,00	709,03	709,03
10:24	24	41,05	0,90	0,00	714,72	0,00	714,72	714,72
10:28	23	41,45	0,91	0,00	720,19	0,00	720,19	720,19
10:32	22	41,83	0,92	0,00	725,44	0,00	725,44	725,44
10:36	21	42,20	0,92	0,00	730,47	0,00	730,47	730,47
10:40	20	42,56	0,93	0,00	735,27	0,00	735,27	735,27
10:44	19	42,90	0,94	0,00	739,85	0,00	739,85	739,85
10:48	18	43,23	0,94	0,00	744,20	0,00	744,20	744,20
10:52	17	43,54	0,95	0,00	748,32	0,00	748,32	748,32
10:56	16	43,83	0,95	0,00	752,22	0,00	752,22	752,22
11:00	15	44,11	0,96	0,00	755,88	0,00	755,88	755,88
11:04	14	44,37	0,96	0,00	759,32	0,00	759,32	759,32
11:08	13	44,61	0,97	0,00	762,52	0,00	762,52	762,52
11:12	12	44,84	0,97	0,00	765,49	0,00	765,49	765,49
11:16	11	45,05	0,97	0,00	768,22	0,00	768,22	768,22
11:20	10	45,25	0,98	0,00	770,72	0,00	770,72	770,72
11:24	9	45,42	0,98	0,00	772,98	0,00	772,98	772,98
11:28	8	45,58	0,98	0,00	775,01	0,00	775,01	775,01
11:32	7	45,72	0,98	0,00	776,80	0,00	776,80	776,80
11:36	6	45,84	0,99	0,00	778,35	0,00	778,35	778,35
11:40	5	45,95	0,99	0,00	779,67	0,00	779,67	779,67
11:44	4	46,03	0,99	0,00	780,74	0,00	780,74	780,74
11:48	3	46,10	0,99	0,00	781,58	0,00	781,58	781,58
11:52	2	46,14	0,99	0,00	782,18	0,00	782,18	782,18
11:56	1	46,17	0,99	0,00	782,54	0,00	782,54	782,54
12:00	0	46,18	0,99	0,00	782,66	0,00	782,66	782,66
Σ					44411,65		42615,09	45123,41
\bar{P}					0,984		0,944	

Taula 2.12. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de març (2).

Abril								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
5:24	98,47	0,00	-0,13	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
5:28	98	0,30	-0,12	764,87	0,00	775,63	0,00	0,00
5:32	97	1,03	-0,10	704,36	0,00	741,02	0,00	0,00
5:36	96	1,77	-0,09	645,73	0,00	707,50	0,00	0,00
5:40	95	2,50	-0,07	588,89	0,00	674,99	0,00	0,00
5:44	94	3,24	-0,05	533,75	0,00	643,45	0,00	0,00
5:48	93	3,98	-0,04	480,22	0,00	612,84	0,00	0,00
5:52	92	4,72	-0,02	428,21	0,00	583,10	0,00	0,00
5:56	91	5,47	0,00	377,67	0,00	554,19	0,00	0,00
6:00	90	6,21	0,02	328,51	7,10	526,08	4,06	12,16
6:04	89	6,96	0,03	280,67	16,57	498,72	9,48	25,70
6:08	88	7,70	0,05	234,09	27,61	472,08	15,79	39,24
6:12	87	8,45	0,07	188,71	40,16	446,13	22,97	52,77
6:16	86	9,20	0,08	144,48	54,16	420,83	30,98	66,29
6:20	85	9,94	0,10	101,34	69,55	396,16	39,78	79,79
6:24	84	10,69	0,12	59,25	86,27	372,08	49,34	93,27
6:28	83	11,44	0,14	18,15	104,27	348,58	59,63	106,72
6:32	82	12,19	0,15	0,00	120,15	325,63	70,62	120,15
6:36	81	12,94	0,17	0,00	133,54	303,19	82,29	133,54
6:40	80	13,69	0,19	0,00	146,90	281,26	94,60	146,90
6:44	79	14,44	0,20	0,00	160,21	259,80	107,52	160,21
6:48	78	15,19	0,22	0,00	173,48	238,81	121,04	173,48
6:52	77	15,94	0,24	0,00	186,70	218,26	135,12	186,70
6:56	76	16,69	0,25	0,00	199,87	198,13	149,74	199,87
7:00	75	17,44	0,27	0,00	212,98	178,40	164,88	212,98
7:04	74	18,19	0,29	0,00	226,03	159,07	180,52	226,03
7:08	73	18,94	0,30	0,00	239,01	140,11	196,62	239,01
7:12	72	19,69	0,32	0,00	251,93	121,51	213,18	251,93
7:16	71	20,43	0,34	0,00	264,77	103,25	230,16	264,77
7:20	70	21,18	0,35	0,00	277,53	85,33	247,56	277,53
7:24	69	21,92	0,37	0,00	290,22	67,74	265,34	290,22
7:28	68	22,67	0,38	0,00	302,82	50,45	283,48	302,82
7:32	67	23,41	0,40	0,00	315,33	33,46	301,97	315,33
7:36	66	24,15	0,41	0,00	327,75	16,76	320,80	327,75
7:40	65	24,89	0,43	0,00	340,07	0,33	339,93	340,07
7:44	64	25,63	0,45	0,00	352,29	0,00	352,29	352,29
7:48	63	26,37	0,46	0,00	364,41	0,00	364,41	364,41
7:52	62	27,10	0,48	0,00	376,42	0,00	376,42	376,42
7:56	61	27,84	0,49	0,00	388,33	0,00	388,33	388,33
8:00	60	28,57	0,51	0,00	400,11	0,00	400,11	400,11
8:04	59	29,30	0,52	0,00	411,78	0,00	411,78	411,78
8:08	58	30,02	0,54	0,00	423,33	0,00	423,33	423,33
8:12	57	30,74	0,55	0,00	434,75	0,00	434,75	434,75
8:16	56	31,47	0,56	0,00	446,04	0,00	446,04	446,04
8:20	55	32,18	0,58	0,00	457,20	0,00	457,20	457,20
8:24	54	32,90	0,59	0,00	468,22	0,00	468,22	468,22

Taula 2.13. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'abril (1).

Abril								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
8:28	53	33,61	0,61	0,00	479,11	0,00	479,11	479,11
8:32	52	34,32	0,62	0,00	489,85	0,00	489,85	489,85
8:36	51	35,02	0,63	0,00	500,45	0,00	500,45	500,45
8:40	50	35,72	0,65	0,00	510,90	0,00	510,90	510,90
8:44	49	36,42	0,66	0,00	521,20	0,00	521,20	521,20
8:48	48	37,11	0,67	0,00	531,34	0,00	531,34	531,34
8:52	47	37,80	0,69	0,00	541,32	0,00	541,32	541,32
8:56	46	38,48	0,70	0,00	551,15	0,00	551,15	551,15
9:00	45	39,16	0,71	0,00	560,81	0,00	560,81	560,81
9:04	44	39,83	0,72	0,00	570,30	0,00	570,30	570,30
9:08	43	40,50	0,73	0,00	579,62	0,00	579,62	579,62
9:12	42	41,16	0,75	0,00	588,77	0,00	588,77	588,77
9:16	41	41,81	0,76	0,00	597,74	0,00	597,74	597,74
9:20	40	42,46	0,77	0,00	606,54	0,00	606,54	606,54
9:24	39	43,10	0,78	0,00	615,15	0,00	615,15	615,15
9:28	38	43,73	0,79	0,00	623,58	0,00	623,58	623,58
9:32	37	44,36	0,80	0,00	631,82	0,00	631,82	631,82
9:36	36	44,98	0,81	0,00	639,88	0,00	639,88	639,88
9:40	35	45,59	0,82	0,00	647,74	0,00	647,74	647,74
9:44	34	46,19	0,83	0,00	655,41	0,00	655,41	655,41
9:48	33	46,79	0,84	0,00	662,89	0,00	662,89	662,89
9:52	32	47,37	0,85	0,00	670,16	0,00	670,16	670,16
9:56	31	47,94	0,86	0,00	677,24	0,00	677,24	677,24
10:00	30	48,51	0,87	0,00	684,11	0,00	684,11	684,11
10:04	29	49,06	0,87	0,00	690,78	0,00	690,78	690,78
10:08	28	49,60	0,88	0,00	697,24	0,00	697,24	697,24
10:12	27	50,13	0,89	0,00	703,49	0,00	703,49	703,49
10:16	26	50,65	0,90	0,00	709,54	0,00	709,54	709,54
10:20	25	51,16	0,91	0,00	715,37	0,00	715,37	715,37
10:24	24	51,65	0,91	0,00	720,98	0,00	720,98	720,98
10:28	23	52,13	0,92	0,00	726,38	0,00	726,38	726,38
10:32	22	52,59	0,93	0,00	731,56	0,00	731,56	731,56
10:36	21	53,04	0,93	0,00	736,53	0,00	736,53	736,53
10:40	20	53,47	0,94	0,00	741,27	0,00	741,27	741,27
10:44	19	53,89	0,94	0,00	745,79	0,00	745,79	745,79
10:48	18	54,29	0,95	0,00	750,09	0,00	750,09	750,09
10:52	17	54,67	0,95	0,00	754,16	0,00	754,16	754,16
10:56	16	55,04	0,96	0,00	758,00	0,00	758,00	758,00
11:00	15	55,38	0,96	0,00	761,62	0,00	761,62	761,62
11:04	14	55,71	0,97	0,00	765,01	0,00	765,01	765,01
11:08	13	56,02	0,97	0,00	768,17	0,00	768,17	768,17
11:12	12	56,31	0,98	0,00	771,11	0,00	771,11	771,11
11:16	11	56,57	0,98	0,00	773,81	0,00	773,81	773,81
11:20	10	56,82	0,98	0,00	776,27	0,00	776,27	776,27
11:24	9	57,04	0,99	0,00	778,51	0,00	778,51	778,51
11:28	8	57,24	0,99	0,00	780,51	0,00	780,51	780,51

Taula 2.14. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de d'abril (2).

Abril								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
11:32	7	57,42	0,99	0,00	782,28	0,00	782,28	782,28
11:36	6	57,58	0,99	0,00	783,81	0,00	783,81	783,81
11:40	5	57,71	0,99	0,00	785,11	0,00	785,11	785,11
11:44	4	57,82	1,00	0,00	786,17	0,00	786,17	786,17
11:48	3	57,91	1,00	0,00	787,00	0,00	787,00	787,00
11:52	2	57,97	1,00	0,00	787,59	0,00	787,59	787,59
11:56	1	58,00	1,00	0,00	787,94	0,00	787,94	787,94
12:00	0	58,01	1,00	0,00	788,06	0,00	788,06	788,06
Σ					45879,08		45041,49	45949,30
\bar{P}					0,998		0,980	

Taula 2.15. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de d'abril (3).

Maig								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
4:48	107,60	0,00	-0,25	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
4:52	107	0,31	-0,25	763,82	0,00	775,03	0,00	0,00
4:56	106	0,99	-0,23	707,63	0,00	742,89	0,00	0,00
5:00	105	1,68	-0,21	652,90	0,00	711,59	0,00	0,00
5:04	104	2,36	-0,20	599,58	0,00	681,10	0,00	0,00
5:08	103	3,05	-0,18	547,60	0,00	651,37	0,00	0,00
5:12	102	3,75	-0,17	496,92	0,00	622,39	0,00	0,00
5:16	101	4,45	-0,15	447,47	0,00	594,11	0,00	0,00
5:20	100	5,15	-0,13	399,21	0,00	566,51	0,00	0,00
5:24	99	5,85	-0,12	352,08	0,00	539,56	0,00	0,00
5:28	98	6,56	-0,10	306,05	0,00	513,23	0,00	0,00
5:32	97	7,27	-0,08	261,07	0,00	487,51	0,00	0,00
5:36	96	7,98	-0,07	217,09	0,00	462,36	0,00	0,00
5:40	95	8,69	-0,05	174,08	0,00	437,76	0,00	0,00
5:44	94	9,41	-0,04	132,00	0,00	413,69	0,00	0,00
5:48	93	10,13	-0,02	90,81	0,00	390,13	0,00	0,00
5:52	92	10,85	0,00	50,47	0,00	367,07	0,00	0,00
5:56	91	11,57	0,01	10,96	10,80	344,47	6,18	10,95
6:00	90	12,30	0,03	0,00	23,95	322,33	14,18	23,95
6:04	89	13,03	0,05	0,00	36,94	300,62	22,89	36,94
6:08	88	13,76	0,06	0,00	49,93	279,33	32,28	49,93
6:12	87	14,49	0,08	0,00	62,92	258,44	42,33	62,92
6:16	86	15,22	0,10	0,00	75,89	237,94	53,03	75,89
6:20	85	15,96	0,11	0,00	88,84	217,81	64,35	88,84
6:24	84	16,69	0,13	0,00	101,78	198,04	76,26	101,78
6:28	83	17,43	0,15	0,00	114,69	178,61	88,76	114,69
6:32	82	18,17	0,16	0,00	127,57	159,52	101,81	127,57
6:36	81	18,91	0,18	0,00	140,43	140,74	115,41	140,43
6:40	80	19,65	0,19	0,00	153,24	122,27	129,52	153,24
6:44	79	20,40	0,21	0,00	166,02	104,10	144,14	166,02
6:48	78	21,14	0,23	0,00	178,75	86,22	159,25	178,75
6:52	77	21,89	0,24	0,00	191,44	68,60	174,82	191,44
6:56	76	22,63	0,26	0,00	204,08	51,26	190,84	204,08
7:00	75	23,38	0,27	0,00	216,66	34,16	207,29	216,66
7:04	74	24,13	0,29	0,00	229,18	17,32	224,16	229,18
7:08	73	24,88	0,31	0,00	241,64	0,71	241,42	241,64
7:12	72	25,62	0,32	0,00	254,03	0,00	254,03	254,03
7:16	71	26,37	0,34	0,00	266,36	0,00	266,36	266,36
7:20	70	27,12	0,35	0,00	278,61	0,00	278,61	278,61
7:24	69	27,87	0,37	0,00	290,78	0,00	290,78	290,78
7:28	68	28,62	0,38	0,00	302,87	0,00	302,87	302,87
7:32	67	29,37	0,40	0,00	314,88	0,00	314,88	314,88
7:36	66	30,12	0,41	0,00	326,79	0,00	326,79	326,79
7:40	65	30,87	0,43	0,00	338,62	0,00	338,62	338,62
7:44	64	31,62	0,44	0,00	350,35	0,00	350,35	350,35
7:48	63	32,37	0,46	0,00	361,98	0,00	361,98	361,98

Taula 2.16. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (1).

Maig								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:52	62	33,12	0,47	0,00	373,50	0,00	373,50	373,50
7:56	61	33,87	0,49	0,00	384,92	0,00	384,92	384,92
8:00	60	34,62	0,50	0,00	396,23	0,00	396,23	396,23
8:04	59	35,36	0,52	0,00	407,43	0,00	407,43	407,43
8:08	58	36,11	0,53	0,00	418,51	0,00	418,51	418,51
8:12	57	36,86	0,54	0,00	429,47	0,00	429,47	429,47
8:16	56	37,60	0,56	0,00	440,31	0,00	440,31	440,31
8:20	55	38,34	0,57	0,00	451,02	0,00	451,02	451,02
8:24	54	39,08	0,58	0,00	461,60	0,00	461,60	461,60
8:28	53	39,82	0,60	0,00	472,04	0,00	472,04	472,04
8:32	52	40,56	0,61	0,00	482,35	0,00	482,35	482,35
8:36	51	41,29	0,62	0,00	492,52	0,00	492,52	492,52
8:40	50	42,03	0,64	0,00	502,55	0,00	502,55	502,55
8:44	49	42,76	0,65	0,00	512,43	0,00	512,43	512,43
8:48	48	43,49	0,66	0,00	522,16	0,00	522,16	522,16
8:52	47	44,21	0,67	0,00	531,74	0,00	531,74	531,74
8:56	46	44,94	0,69	0,00	541,17	0,00	541,17	541,17
9:00	45	45,66	0,70	0,00	550,44	0,00	550,44	550,44
9:04	44	46,37	0,71	0,00	559,55	0,00	559,55	559,55
9:08	43	47,09	0,72	0,00	568,49	0,00	568,49	568,49
9:12	42	47,80	0,73	0,00	577,27	0,00	577,27	577,27
9:16	41	48,50	0,74	0,00	585,88	0,00	585,88	585,88
9:20	40	49,20	0,75	0,00	594,32	0,00	594,32	594,32
9:24	39	49,90	0,76	0,00	602,59	0,00	602,59	602,59
9:28	38	50,59	0,77	0,00	610,68	0,00	610,68	610,68
9:32	37	51,28	0,78	0,00	618,59	0,00	618,59	618,59
9:36	36	51,96	0,79	0,00	626,32	0,00	626,32	626,32
9:40	35	52,63	0,80	0,00	633,86	0,00	633,86	633,86
9:44	34	53,30	0,81	0,00	641,23	0,00	641,23	641,23
9:48	33	53,96	0,82	0,00	648,40	0,00	648,40	648,40
9:52	32	54,61	0,83	0,00	655,38	0,00	655,38	655,38
9:56	31	55,26	0,84	0,00	662,17	0,00	662,17	662,17
10:00	30	55,90	0,85	0,00	668,77	0,00	668,77	668,77
10:04	29	56,52	0,85	0,00	675,16	0,00	675,16	675,16
10:08	28	57,14	0,86	0,00	681,37	0,00	681,37	681,37
10:12	27	57,75	0,87	0,00	687,37	0,00	687,37	687,37
10:16	26	58,35	0,88	0,00	693,16	0,00	693,16	693,16
10:20	25	58,94	0,88	0,00	698,76	0,00	698,76	698,76
10:24	24	59,52	0,89	0,00	704,15	0,00	704,15	704,15
10:28	23	60,08	0,90	0,00	709,33	0,00	709,33	709,33
10:32	22	60,63	0,90	0,00	714,30	0,00	714,30	714,30
10:36	21	61,16	0,91	0,00	719,06	0,00	719,06	719,06
10:40	20	61,68	0,92	0,00	723,62	0,00	723,62	723,62
10:44	19	62,19	0,92	0,00	727,95	0,00	727,95	727,95
10:48	18	62,67	0,93	0,00	732,08	0,00	732,08	732,08
10:52	17	63,14	0,93	0,00	735,98	0,00	735,98	735,98
10:56	16	63,59	0,94	0,00	739,68	0,00	739,68	739,68

Taula 2.17. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (2).

Maig								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
11:00	15	64,02	0,94	0,00	743,15	0,00	743,15	743,15
11:04	14	64,43	0,94	0,00	746,40	0,00	746,40	746,40
11:08	13	64,82	0,95	0,00	749,44	0,00	749,44	749,44
11:12	12	65,18	0,95	0,00	752,25	0,00	752,25	752,25
11:16	11	65,52	0,96	0,00	754,84	0,00	754,84	754,84
11:20	10	65,83	0,96	0,00	757,21	0,00	757,21	757,21
11:24	9	66,12	0,96	0,00	759,35	0,00	759,35	759,35
11:28	8	66,38	0,96	0,00	761,27	0,00	761,27	761,27
11:32	7	66,62	0,97	0,00	762,97	0,00	762,97	762,97
11:36	6	66,82	0,97	0,00	764,44	0,00	764,44	764,44
11:40	5	66,99	0,97	0,00	765,69	0,00	765,69	765,69
11:44	4	67,14	0,97	0,00	766,71	0,00	766,71	766,71
11:48	3	67,25	0,97	0,00	767,50	0,00	767,50	767,50
11:52	2	67,33	0,97	0,00	768,07	0,00	768,07	768,07
11:56	1	67,38	0,97	0,00	768,41	0,00	768,41	768,41
12:00	0	67,39	0,97	0,00	768,52	0,00	768,52	768,52
Σ					45222,07		44896,23	45222,22
\bar{P}					1,000		0,993	

Taula 2.18. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de maig (3).

Juny								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
4:28	112,25	0,00	-0,31	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
4:32	112	0,05	-0,31	786,04	0,00	787,73	0,00	0,00
4:36	111	0,69	-0,29	732,34	0,00	757,03	0,00	0,00
4:40	110	1,34	-0,28	679,89	0,00	727,03	0,00	0,00
4:44	109	1,99	-0,26	628,63	0,00	697,71	0,00	0,00
4:48	108	2,64	-0,25	578,53	0,00	669,06	0,00	0,00
4:52	107	3,30	-0,23	529,54	0,00	641,04	0,00	0,00
4:56	106	3,96	-0,22	481,62	0,00	613,64	0,00	0,00
5:00	105	4,63	-0,20	434,74	0,00	586,83	0,00	0,00
5:04	104	5,30	-0,18	388,87	0,00	560,59	0,00	0,00
5:08	103	5,97	-0,17	343,96	0,00	534,91	0,00	0,00
5:12	102	6,65	-0,15	299,98	0,00	509,76	0,00	0,00
5:16	101	7,33	-0,14	256,90	0,00	485,12	0,00	0,00
5:20	100	8,02	-0,12	214,69	0,00	460,98	0,00	0,00
5:24	99	8,71	-0,11	173,31	0,00	437,32	0,00	0,00
5:28	98	9,40	-0,09	132,74	0,00	414,12	0,00	0,00
5:32	97	10,09	-0,07	92,95	0,00	391,36	0,00	0,00
5:36	96	10,79	-0,06	53,92	0,00	369,04	0,00	0,00
5:40	95	11,49	-0,04	15,61	0,00	347,13	0,00	0,00
5:44	94	12,19	-0,03	0,00	0,00	325,62	0,00	0,00
5:48	93	12,90	-0,01	0,00	0,00	304,49	0,00	0,00
5:52	92	13,60	0,00	0,00	3,90	283,74	2,50	3,90
5:56	91	14,32	0,02	0,00	16,52	263,35	11,02	16,52
6:00	90	15,03	0,04	0,00	29,15	243,30	20,17	29,15
6:04	89	15,74	0,05	0,00	41,78	223,59	29,95	41,78
6:08	88	16,46	0,07	0,00	54,40	204,20	40,34	54,40
6:12	87	17,18	0,08	0,00	67,02	185,13	51,31	67,02
6:16	86	17,91	0,10	0,00	79,62	166,35	62,86	79,62
6:20	85	18,63	0,12	0,00	92,21	147,86	74,95	92,21
6:24	84	19,36	0,13	0,00	104,78	129,66	87,58	104,78
6:28	83	20,08	0,15	0,00	117,33	111,72	100,73	117,33
6:32	82	20,81	0,16	0,00	129,84	94,04	114,39	129,84
6:36	81	21,55	0,18	0,00	142,33	76,61	128,53	142,33
6:40	80	22,28	0,20	0,00	154,79	59,43	143,14	154,79
6:44	79	23,02	0,21	0,00	167,20	42,48	158,21	167,20
6:48	78	23,75	0,23	0,00	179,58	25,75	173,72	179,58
6:52	77	24,49	0,24	0,00	191,91	9,24	189,66	191,91
6:56	76	25,23	0,26	0,00	204,18	0,00	204,18	204,18
7:00	75	25,97	0,27	0,00	216,41	0,00	216,41	216,41
7:04	74	26,71	0,29	0,00	228,58	0,00	228,58	228,58
7:08	73	27,46	0,30	0,00	240,69	0,00	240,69	240,69
7:12	72	28,20	0,32	0,00	252,73	0,00	252,73	252,73
7:16	71	28,94	0,34	0,00	264,70	0,00	264,70	264,70
7:20	70	29,69	0,35	0,00	276,61	0,00	276,61	276,61
7:24	69	30,44	0,37	0,00	288,43	0,00	288,43	288,43
7:28	68	31,18	0,38	0,00	300,18	0,00	300,18	300,18

Taula 2.19. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (1).

Juny								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:32	67	31,93	0,39	0,00	311,85	0,00	311,85	311,85
7:36	66	32,68	0,41	0,00	323,43	0,00	323,43	323,43
7:40	65	33,43	0,42	0,00	334,92	0,00	334,92	334,92
7:44	64	34,18	0,44	0,00	346,32	0,00	346,32	346,32
7:48	63	34,93	0,45	0,00	357,62	0,00	357,62	357,62
7:52	62	35,68	0,47	0,00	368,82	0,00	368,82	368,82
7:56	61	36,43	0,48	0,00	379,92	0,00	379,92	379,92
8:00	60	37,18	0,49	0,00	390,91	0,00	390,91	390,91
8:04	59	37,93	0,51	0,00	401,79	0,00	401,79	401,79
8:08	58	38,68	0,52	0,00	412,55	0,00	412,55	412,55
8:12	57	39,43	0,54	0,00	423,20	0,00	423,20	423,20
8:16	56	40,18	0,55	0,00	433,73	0,00	433,73	433,73
8:20	55	40,93	0,56	0,00	444,14	0,00	444,14	444,14
8:24	54	41,67	0,58	0,00	454,42	0,00	454,42	454,42
8:28	53	42,42	0,59	0,00	464,57	0,00	464,57	464,57
8:32	52	43,17	0,60	0,00	474,59	0,00	474,59	474,59
8:36	51	43,91	0,61	0,00	484,47	0,00	484,47	484,47
8:40	50	44,66	0,63	0,00	494,21	0,00	494,21	494,21
8:44	49	45,40	0,64	0,00	503,82	0,00	503,82	503,82
8:48	48	46,14	0,65	0,00	513,27	0,00	513,27	513,27
8:52	47	46,88	0,66	0,00	522,58	0,00	522,58	522,58
8:56	46	47,62	0,67	0,00	531,74	0,00	531,74	531,74
9:00	45	48,35	0,68	0,00	540,75	0,00	540,75	540,75
9:04	44	49,08	0,70	0,00	549,60	0,00	549,60	549,60
9:08	43	49,82	0,71	0,00	558,29	0,00	558,29	558,29
9:12	42	50,54	0,72	0,00	566,82	0,00	566,82	566,82
9:16	41	51,27	0,73	0,00	575,19	0,00	575,19	575,19
9:20	40	51,99	0,74	0,00	583,39	0,00	583,39	583,39
9:24	39	52,71	0,75	0,00	591,42	0,00	591,42	591,42
9:28	38	53,42	0,76	0,00	599,29	0,00	599,29	599,29
9:32	37	54,13	0,77	0,00	606,97	0,00	606,97	606,97
9:36	36	54,84	0,78	0,00	614,48	0,00	614,48	614,48
9:40	35	55,54	0,79	0,00	621,82	0,00	621,82	621,82
9:48	33	56,93	0,80	0,00	635,94	0,00	635,94	635,94
9:52	32	57,62	0,81	0,00	642,72	0,00	642,72	642,72
9:56	31	58,30	0,82	0,00	649,32	0,00	649,32	649,32
10:00	30	58,97	0,83	0,00	655,73	0,00	655,73	655,73
10:04	29	59,64	0,84	0,00	661,95	0,00	661,95	661,95
10:08	28	60,29	0,85	0,00	667,97	0,00	667,97	667,97
10:12	27	60,94	0,85	0,00	673,80	0,00	673,80	673,80
10:16	26	61,58	0,86	0,00	679,44	0,00	679,44	679,44
10:20	25	62,21	0,87	0,00	684,87	0,00	684,87	684,87
10:24	24	62,83	0,87	0,00	690,11	0,00	690,11	690,11
10:28	23	63,44	0,88	0,00	695,15	0,00	695,15	695,15
10:32	22	64,04	0,89	0,00	699,98	0,00	699,98	699,98
10:36	21	64,62	0,89	0,00	704,61	0,00	704,61	704,61
10:40	20	65,19	0,90	0,00	709,03	0,00	709,03	709,03

Taula 2.20. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (2).

Juny								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
10:44	19	65,75	0,90	0,00	713,24	0,00	713,24	713,24
10:48	18	66,29	0,91	0,00	717,25	0,00	717,25	717,25
10:52	17	66,81	0,91	0,00	721,05	0,00	721,05	721,05
10:56	16	67,31	0,92	0,00	724,63	0,00	724,63	724,63
11:00	15	67,79	0,92	0,00	728,01	0,00	728,01	728,01
11:04	14	68,26	0,93	0,00	731,17	0,00	731,17	731,17
11:08	13	68,70	0,93	0,00	734,12	0,00	734,12	734,12
11:12	12	69,11	0,93	0,00	736,85	0,00	736,85	736,85
11:16	11	69,50	0,94	0,00	739,37	0,00	739,37	739,37
11:20	10	69,86	0,94	0,00	741,67	0,00	741,67	741,67
11:24	9	70,20	0,94	0,00	743,75	0,00	743,75	743,75
11:28	8	70,50	0,94	0,00	745,62	0,00	745,62	745,62
11:32	7	70,77	0,95	0,00	747,27	0,00	747,27	747,27
11:36	6	71,01	0,95	0,00	748,70	0,00	748,70	748,70
11:40	5	71,21	0,95	0,00	749,91	0,00	749,91	749,91
11:44	4	71,38	0,95	0,00	750,90	0,00	750,90	750,90
11:48	3	71,51	0,95	0,00	751,67	0,00	751,67	751,67
11:52	2	71,61	0,95	0,00	752,22	0,00	752,22	752,22
11:56	1	71,67	0,95	0,00	752,55	0,00	752,55	752,55
12:00	0	71,69	0,95	0,00	752,66	0,00	752,66	752,66
Σ					44488,00		44304,71	44488,00
\bar{P}					1,000		0,996	

Taula 2.21. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juny (3).

Juliol								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
4:40	110,50	0,00	-0,28	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
4:44	109	0,65	-0,27	735,92	0,00	759,07	0,00	0,00
4:48	108	1,31	-0,25	682,01	0,00	728,24	0,00	0,00
4:52	107	1,98	-0,24	629,40	0,00	698,15	0,00	0,00
4:56	106	2,65	-0,22	578,05	0,00	668,79	0,00	0,00
5:00	105	3,32	-0,21	527,91	0,00	640,11	0,00	0,00
5:04	104	4,00	-0,19	478,93	0,00	612,10	0,00	0,00
5:08	103	4,68	-0,17	431,07	0,00	584,73	0,00	0,00
5:12	102	5,37	-0,16	384,29	0,00	557,97	0,00	0,00
5:16	101	6,06	-0,14	338,54	0,00	531,81	0,00	0,00
5:20	100	6,75	-0,13	293,79	0,00	506,22	0,00	0,00
5:24	99	7,44	-0,11	250,00	0,00	481,18	0,00	0,00
5:28	98	8,14	-0,10	207,14	0,00	456,66	0,00	0,00
5:32	97	8,84	-0,08	165,16	0,00	432,66	0,00	0,00
5:36	96	9,55	-0,06	124,04	0,00	409,14	0,00	0,00
5:40	95	10,25	-0,05	83,75	0,00	386,10	0,00	0,00
5:44	94	10,96	-0,03	44,25	0,00	363,51	0,00	0,00
5:48	93	11,68	-0,01	5,51	0,00	341,35	0,00	0,00
5:52	92	12,39	0,00	0,00	1,27	319,62	0,76	1,27
5:56	91	13,11	0,02	0,00	14,07	298,29	8,76	14,07
6:00	90	13,83	0,03	0,00	26,87	277,36	17,43	26,87
6:04	89	14,55	0,05	0,00	39,66	256,80	26,77	39,66
6:08	88	15,27	0,07	0,00	52,46	236,60	36,75	52,46
6:12	87	16,00	0,08	0,00	65,25	216,75	47,34	65,25
6:16	86	16,72	0,10	0,00	78,02	197,24	58,54	78,02
6:20	85	17,45	0,11	0,00	90,78	178,05	70,32	90,78
6:24	84	18,18	0,13	0,00	103,52	159,18	82,66	103,52
6:28	83	18,92	0,15	0,00	116,24	140,60	95,55	116,24
6:32	82	19,65	0,16	0,00	128,93	122,32	108,97	128,93
6:36	81	20,39	0,18	0,00	141,59	104,31	122,89	141,59
6:40	80	21,13	0,20	0,00	154,21	86,58	137,31	154,21
6:44	79	21,87	0,21	0,00	166,79	69,10	152,20	166,79
6:48	78	22,61	0,23	0,00	179,34	51,88	167,56	179,34
6:52	77	23,35	0,24	0,00	191,83	34,90	183,36	191,83
6:56	76	24,09	0,26	0,00	204,28	18,15	199,59	204,28
7:00	75	24,83	0,27	0,00	216,67	1,62	216,23	216,67
7:04	74	25,58	0,29	0,00	229,00	0,00	229,00	229,00
7:08	73	26,33	0,31	0,00	241,28	0,00	241,28	241,28
7:12	72	27,07	0,32	0,00	253,48	0,00	253,48	253,48
7:16	71	27,82	0,34	0,00	265,62	0,00	265,62	265,62
7:20	70	28,57	0,35	0,00	277,69	0,00	277,69	277,69
7:24	69	29,32	0,37	0,00	289,67	0,00	289,67	289,67
7:28	68	30,06	0,38	0,00	301,58	0,00	301,58	301,58
7:32	67	30,81	0,40	0,00	313,41	0,00	313,41	313,41
7:36	66	31,56	0,41	0,00	325,14	0,00	325,14	325,14
7:40	65	32,31	0,43	0,00	336,79	0,00	336,79	336,79

Taula 2.22. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (1).

Juliol								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:44	64	33,06	0,44	0,00	348,34	0,00	348,34	348,34
7:48	63	33,81	0,46	0,00	359,80	0,00	359,80	359,80
7:52	62	34,56	0,47	0,00	371,15	0,00	371,15	371,15
7:56	61	35,31	0,48	0,00	382,40	0,00	382,40	382,40
8:00	60	36,06	0,50	0,00	393,54	0,00	393,54	393,54
8:04	59	36,81	0,51	0,00	404,57	0,00	404,57	404,57
8:08	58	37,56	0,53	0,00	415,48	0,00	415,48	415,48
8:12	57	38,31	0,54	0,00	426,28	0,00	426,28	426,28
8:16	56	39,06	0,55	0,00	436,95	0,00	436,95	436,95
8:20	55	39,80	0,57	0,00	447,50	0,00	447,50	447,50
8:24	54	40,55	0,58	0,00	457,92	0,00	457,92	457,92
8:28	53	41,29	0,59	0,00	468,21	0,00	468,21	468,21
8:32	52	42,03	0,61	0,00	478,36	0,00	478,36	478,36
8:36	51	42,78	0,62	0,00	488,38	0,00	488,38	488,38
8:40	50	43,52	0,63	0,00	498,25	0,00	498,25	498,25
8:44	49	44,25	0,64	0,00	507,98	0,00	507,98	507,98
8:48	48	44,99	0,66	0,00	517,57	0,00	517,57	517,57
8:52	47	45,72	0,67	0,00	527,01	0,00	527,01	527,01
8:56	46	46,45	0,68	0,00	536,29	0,00	536,29	536,29
9:00	45	47,18	0,69	0,00	545,42	0,00	545,42	545,42
9:04	44	47,91	0,70	0,00	554,39	0,00	554,39	554,39
9:08	43	48,63	0,71	0,00	563,20	0,00	563,20	563,20
9:12	42	49,35	0,72	0,00	571,85	0,00	571,85	571,85
9:16	41	50,07	0,73	0,00	580,33	0,00	580,33	580,33
9:20	40	50,78	0,75	0,00	588,64	0,00	588,64	588,64
9:24	39	51,49	0,76	0,00	596,78	0,00	596,78	596,78
9:28	38	52,20	0,77	0,00	604,75	0,00	604,75	604,75
9:32	37	52,90	0,78	0,00	612,54	0,00	612,54	612,54
9:36	36	53,59	0,79	0,00	620,16	0,00	620,16	620,16
9:40	35	54,28	0,79	0,00	627,59	0,00	627,59	627,59
9:44	34	54,97	0,80	0,00	634,84	0,00	634,84	634,84
9:48	33	55,65	0,81	0,00	641,90	0,00	641,90	641,90
9:52	32	56,32	0,82	0,00	648,78	0,00	648,78	648,78
9:56	31	56,98	0,83	0,00	655,47	0,00	655,47	655,47
10:00	30	57,64	0,84	0,00	661,96	0,00	661,96	661,96
10:04	29	58,29	0,85	0,00	668,27	0,00	668,27	668,27
10:08	28	58,93	0,85	0,00	674,37	0,00	674,37	674,37
10:12	27	59,56	0,86	0,00	680,28	0,00	680,28	680,28
10:16	26	60,18	0,87	0,00	685,99	0,00	685,99	685,99
10:20	25	60,79	0,88	0,00	691,50	0,00	691,50	691,50
10:24	24	61,39	0,88	0,00	696,81	0,00	696,81	696,81
10:28	23	61,98	0,89	0,00	701,92	0,00	701,92	701,92
10:32	22	62,56	0,89	0,00	706,81	0,00	706,81	706,81
10:36	21	63,12	0,90	0,00	711,50	0,00	711,50	711,50
10:40	20	63,66	0,91	0,00	715,99	0,00	715,99	715,99
10:44	19	64,20	0,91	0,00	720,26	0,00	720,26	720,26
10:48	18	64,71	0,92	0,00	724,32	0,00	724,32	724,32

Taula 2.23. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (2).

Juliol								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
10:52	17	65,21	0,92	0,00	728,17	0,00	728,17	728,17
10:56	16	65,69	0,93	0,00	731,80	0,00	731,80	731,80
11:00	15	66,14	0,93	0,00	735,23	0,00	735,23	735,23
11:04	14	66,58	0,93	0,00	738,43	0,00	738,43	738,43
11:08	13	66,99	0,94	0,00	741,42	0,00	741,42	741,42
11:12	12	67,39	0,94	0,00	744,19	0,00	744,19	744,19
11:16	11	67,75	0,95	0,00	746,74	0,00	746,74	746,74
11:20	10	68,09	0,95	0,00	749,07	0,00	749,07	749,07
11:24	9	68,40	0,95	0,00	751,18	0,00	751,18	751,18
11:28	8	68,68	0,95	0,00	753,08	0,00	753,08	753,08
11:32	7	68,94	0,96	0,00	754,75	0,00	754,75	754,75
11:36	6	69,16	0,96	0,00	756,20	0,00	756,20	756,20
11:40	5	69,35	0,96	0,00	757,42	0,00	757,42	757,42
11:44	4	69,50	0,96	0,00	758,43	0,00	758,43	758,43
11:48	3	69,63	0,96	0,00	759,21	0,00	759,21	759,21
11:52	2	69,71	0,96	0,00	759,77	0,00	759,77	759,77
11:56	1	69,77	0,96	0,00	760,10	0,00	760,10	760,10
12:00	0	69,78	0,96	0,00	760,21	0,00	760,21	760,21
Σ					44843,44		44604,66	44843,44
\bar{P}					1,000		0,995	

Taula 2.24. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de juliol (3).

Agost								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
5:08	102,27	0,00	-0,18	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
5:12	102	0,13	-0,18	779,31	0,00	783,89	0,00	0,00
5:16	101	0,84	-0,16	719,85	0,00	749,88	0,00	0,00
5:20	100	1,56	-0,15	662,14	0,00	716,87	0,00	0,00
5:24	99	2,28	-0,13	606,08	0,00	684,82	0,00	0,00
5:28	98	3,00	-0,11	551,61	0,00	653,66	0,00	0,00
5:32	97	3,73	-0,10	498,64	0,00	623,37	0,00	0,00
5:36	96	4,45	-0,08	447,12	0,00	593,91	0,00	0,00
5:40	95	5,18	-0,06	396,96	0,00	565,22	0,00	0,00
5:44	94	5,91	-0,05	348,11	0,00	537,29	0,00	0,00
5:48	93	6,64	-0,03	300,52	0,00	510,07	0,00	0,00
5:52	92	7,38	-0,01	254,11	0,00	483,53	0,00	0,00
5:56	91	8,11	0,00	208,85	2,91	457,64	1,66	3,95
6:00	90	8,85	0,02	164,68	13,69	432,38	7,83	17,30
6:04	89	9,59	0,04	121,55	25,93	407,71	14,83	30,65
6:08	88	10,33	0,06	79,42	39,57	383,62	22,63	43,99
6:12	87	11,07	0,07	38,24	54,56	360,07	31,20	57,33
6:16	86	11,82	0,09	0,00	70,66	337,05	40,51	70,66
6:20	85	12,56	0,11	0,00	83,96	314,52	50,54	83,96
6:24	84	13,30	0,12	0,00	97,25	292,48	61,25	97,25
6:28	83	14,05	0,14	0,00	110,52	270,90	72,62	110,52
6:32	82	14,80	0,16	0,00	123,75	249,76	84,63	123,75
6:36	81	15,55	0,17	0,00	136,96	229,05	97,25	136,96
6:40	80	16,29	0,19	0,00	150,12	208,74	110,46	150,12
6:44	79	17,04	0,21	0,00	163,25	188,83	124,23	163,25
6:48	78	17,79	0,22	0,00	176,33	169,29	138,55	176,33
6:52	77	18,54	0,24	0,00	189,37	150,11	153,38	189,37
6:56	76	19,29	0,26	0,00	202,35	131,28	168,72	202,35
7:00	75	20,04	0,27	0,00	215,27	112,78	184,54	215,27
7:04	74	20,79	0,29	0,00	228,14	94,61	200,82	228,14
7:08	73	21,54	0,30	0,00	240,94	76,74	217,53	240,94
7:12	72	22,29	0,32	0,00	253,67	59,17	234,67	253,67
7:16	71	23,04	0,34	0,00	266,33	41,89	252,21	266,33
7:20	70	23,79	0,35	0,00	278,91	24,89	270,13	278,91
7:24	69	24,54	0,37	0,00	291,42	8,15	288,41	291,42
7:28	68	25,29	0,38	0,00	303,84	0,00	303,84	303,84
7:32	67	26,04	0,40	0,00	316,17	0,00	316,17	316,17
7:36	66	26,78	0,42	0,00	328,41	0,00	328,41	328,41
7:40	65	27,53	0,43	0,00	340,56	0,00	340,56	340,56
7:44	64	28,27	0,45	0,00	352,61	0,00	352,61	352,61
7:48	63	29,02	0,46	0,00	364,56	0,00	364,56	364,56
7:52	62	29,76	0,48	0,00	376,40	0,00	376,40	376,40
7:56	61	30,50	0,49	0,00	388,13	0,00	388,13	388,13
8:00	60	31,24	0,51	0,00	399,75	0,00	399,75	399,75
8:04	59	31,98	0,52	0,00	411,26	0,00	411,26	411,26
8:08	58	32,72	0,53	0,00	422,64	0,00	422,64	422,64

Taula 2.25. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (1).

Agost								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
8:12	57	33,45	0,55	0,00	433,90	0,00	433,90	433,90
8:16	56	34,18	0,56	0,00	445,03	0,00	445,03	445,03
8:20	55	34,91	0,58	0,00	456,03	0,00	456,03	456,03
8:24	54	35,64	0,59	0,00	466,90	0,00	466,90	466,90
8:28	53	36,36	0,60	0,00	477,63	0,00	477,63	477,63
8:32	52	37,09	0,62	0,00	488,22	0,00	488,22	488,22
8:36	51	37,81	0,63	0,00	498,67	0,00	498,67	498,67
8:40	50	38,52	0,64	0,00	508,97	0,00	508,97	508,97
8:44	49	39,23	0,66	0,00	519,12	0,00	519,12	519,12
8:48	48	39,94	0,67	0,00	529,12	0,00	529,12	529,12
8:52	47	40,65	0,68	0,00	538,96	0,00	538,96	538,96
8:56	46	41,35	0,69	0,00	548,65	0,00	548,65	548,65
9:00	45	42,05	0,71	0,00	558,17	0,00	558,17	558,17
9:04	44	42,74	0,72	0,00	567,53	0,00	567,53	567,53
9:08	43	43,43	0,73	0,00	576,72	0,00	576,72	576,72
9:12	42	44,11	0,74	0,00	585,74	0,00	585,74	585,74
9:16	41	44,79	0,75	0,00	594,58	0,00	594,58	594,58
9:20	40	45,46	0,76	0,00	603,25	0,00	603,25	603,25
9:24	39	46,12	0,77	0,00	611,74	0,00	611,74	611,74
9:28	38	46,78	0,78	0,00	620,05	0,00	620,05	620,05
9:32	37	47,43	0,80	0,00	628,18	0,00	628,18	628,18
9:36	36	48,08	0,81	0,00	636,12	0,00	636,12	636,12
9:40	35	48,72	0,82	0,00	643,87	0,00	643,87	643,87
9:44	34	49,35	0,82	0,00	651,44	0,00	651,44	651,44
9:48	33	49,97	0,83	0,00	658,80	0,00	658,80	658,80
9:52	32	50,58	0,84	0,00	665,98	0,00	665,98	665,98
9:56	31	51,19	0,85	0,00	672,95	0,00	672,95	672,95
10:00	30	51,78	0,86	0,00	679,73	0,00	679,73	679,73
10:04	29	52,37	0,87	0,00	686,30	0,00	686,30	686,30
10:08	28	52,94	0,88	0,00	692,67	0,00	692,67	692,67
10:12	27	53,50	0,88	0,00	698,84	0,00	698,84	698,84
10:16	26	54,05	0,89	0,00	704,79	0,00	704,79	704,79
10:20	25	54,59	0,90	0,00	710,54	0,00	710,54	710,54
10:24	24	55,12	0,91	0,00	716,08	0,00	716,08	716,08
10:28	23	55,63	0,91	0,00	721,40	0,00	721,40	721,40
10:32	22	56,13	0,92	0,00	726,51	0,00	726,51	726,51
10:36	21	56,61	0,93	0,00	731,40	0,00	731,40	731,40
10:40	20	57,08	0,93	0,00	736,08	0,00	736,08	736,08
10:44	19	57,53	0,94	0,00	740,53	0,00	740,53	740,53
10:48	18	57,96	0,94	0,00	744,77	0,00	744,77	744,77
10:52	17	58,38	0,95	0,00	748,78	0,00	748,78	748,78
10:56	16	58,77	0,95	0,00	752,57	0,00	752,57	752,57
11:00	15	59,15	0,96	0,00	756,14	0,00	756,14	756,14
11:04	14	59,51	0,96	0,00	759,48	0,00	759,48	759,48
11:08	13	59,85	0,97	0,00	762,60	0,00	762,60	762,60
11:12	12	60,16	0,97	0,00	765,49	0,00	765,49	765,49
11:16	11	60,46	0,97	0,00	768,15	0,00	768,15	768,15

Taula 2.26. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (2).

Agost								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
11:20	10	60,73	0,98	0,00	770,59	0,00	770,59	770,59
11:24	9	60,98	0,98	0,00	772,79	0,00	772,79	772,79
11:28	8	61,20	0,98	0,00	774,76	0,00	774,76	774,76
11:32	7	61,40	0,98	0,00	776,50	0,00	776,50	776,50
11:36	6	61,57	0,98	0,00	778,02	0,00	778,02	778,02
11:40	5	61,72	0,99	0,00	779,30	0,00	779,30	779,30
11:44	4	61,84	0,99	0,00	780,34	0,00	780,34	780,34
11:48	3	61,93	0,99	0,00	781,16	0,00	781,16	781,16
11:52	2	62,00	0,99	0,00	781,74	0,00	781,74	781,74
11:56	1	62,04	0,99	0,00	782,09	0,00	782,09	782,09
12:00	0	62,05	0,99	0,00	782,21	0,00	782,21	782,21
Σ					45768,87		45181,60	45785,43
\bar{P}					1,000		0,987	

Taula 2.27. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de agost (3).

Setembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
5:52	91,97	0,00	-0,03	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
5:56	91	0,72	-0,01	730,08	0,00	755,73	0,00	0,00
6:00	90	1,47	0,00	669,47	0,44	721,07	0,25	2,88
6:04	89	2,22	0,02	610,87	3,76	687,56	2,15	16,59
6:08	88	2,97	0,04	554,19	9,05	655,14	5,17	30,30
6:12	87	3,72	0,06	499,30	16,19	623,75	9,26	44,01
6:16	86	4,47	0,07	446,12	25,12	593,34	14,36	57,70
6:20	85	5,22	0,09	394,56	35,73	563,85	20,43	71,37
6:24	84	5,97	0,11	344,53	47,94	535,24	27,42	85,03
6:28	83	6,71	0,12	295,96	61,69	507,46	35,28	98,65
6:32	82	7,46	0,14	248,78	76,90	480,48	43,98	112,25
6:36	81	8,21	0,16	202,91	93,50	454,25	53,47	125,82
6:40	80	8,96	0,18	158,30	111,43	428,73	63,72	139,35
6:44	79	9,71	0,19	114,88	130,61	403,90	74,69	152,83
6:48	78	10,45	0,21	72,60	150,99	379,72	86,35	166,27
6:52	77	11,20	0,23	31,41	172,52	356,16	98,67	179,67
6:56	76	11,94	0,24	0,00	193,00	333,20	111,60	193,00
7:00	75	12,68	0,26	0,00	206,28	310,80	125,13	206,28
7:04	74	13,43	0,28	0,00	219,50	288,95	139,22	219,50
7:08	73	14,17	0,29	0,00	232,65	267,62	153,84	232,65
7:12	72	14,90	0,31	0,00	245,73	246,78	168,97	245,73
7:16	71	15,64	0,33	0,00	258,74	226,42	184,58	258,74
7:20	70	16,38	0,34	0,00	271,67	206,52	200,65	271,67
7:24	69	17,11	0,36	0,00	284,52	187,06	217,15	284,52
7:28	68	17,84	0,38	0,00	297,28	168,02	234,06	297,28
7:32	67	18,57	0,39	0,00	309,95	149,39	251,34	309,95
7:36	66	19,30	0,41	0,00	322,53	131,14	268,99	322,53
7:40	65	20,02	0,42	0,00	335,01	113,28	286,98	335,01
7:44	64	20,74	0,44	0,00	347,39	95,78	305,28	347,39
7:48	63	21,46	0,46	0,00	359,67	78,63	323,87	359,67
7:52	62	22,18	0,47	0,00	371,84	61,82	342,74	371,84
7:56	61	22,89	0,49	0,00	383,89	45,33	361,86	383,89
8:00	60	23,60	0,50	0,00	395,83	29,17	381,22	395,83
8:04	59	24,31	0,52	0,00	407,65	13,31	400,78	407,65
8:08	58	25,01	0,53	0,00	419,34	0,00	419,34	419,34
8:12	57	25,71	0,55	0,00	430,91	0,00	430,91	430,91
8:16	56	26,41	0,56	0,00	442,35	0,00	442,35	442,35
8:20	55	27,10	0,57	0,00	453,65	0,00	453,65	453,65
8:24	54	27,79	0,59	0,00	464,82	0,00	464,82	464,82
8:28	53	28,47	0,60	0,00	475,85	0,00	475,85	475,85
8:32	52	29,15	0,62	0,00	486,73	0,00	486,73	486,73
8:36	51	29,82	0,63	0,00	497,46	0,00	497,46	497,46
8:40	50	30,49	0,64	0,00	508,05	0,00	508,05	508,05
8:44	49	31,15	0,66	0,00	518,48	0,00	518,48	518,48
8:48	48	31,81	0,67	0,00	528,75	0,00	528,75	528,75
8:52	47	32,46	0,68	0,00	538,86	0,00	538,86	538,86

Taula 2.28. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de setembre (1).

Setembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
8:56	46	33,11	0,69	0,00	548,81	0,00	548,81	548,81
9:00	45	33,75	0,71	0,00	558,59	0,00	558,59	558,59
9:04	44	34,39	0,72	0,00	568,21	0,00	568,21	568,21
9:08	43	35,01	0,73	0,00	577,65	0,00	577,65	577,65
9:12	42	35,63	0,74	0,00	586,92	0,00	586,92	586,92
9:16	41	36,25	0,75	0,00	596,01	0,00	596,01	596,01
9:24	39	37,45	0,78	0,00	613,64	0,00	613,64	613,64
9:28	38	38,04	0,79	0,00	622,18	0,00	622,18	622,18
9:32	37	38,62	0,80	0,00	630,53	0,00	630,53	630,53
9:36	36	39,20	0,81	0,00	638,69	0,00	638,69	638,69
9:40	35	39,76	0,82	0,00	646,65	0,00	646,65	646,65
9:44	34	40,31	0,83	0,00	654,42	0,00	654,42	654,42
9:48	33	40,86	0,84	0,00	661,99	0,00	661,99	661,99
9:52	32	41,39	0,85	0,00	669,36	0,00	669,36	669,36
9:56	31	41,92	0,86	0,00	676,53	0,00	676,53	676,53
10:00	30	42,43	0,87	0,00	683,49	0,00	683,49	683,49
10:04	29	42,93	0,87	0,00	690,24	0,00	690,24	690,24
10:08	28	43,42	0,88	0,00	696,79	0,00	696,79	696,79
10:12	27	43,90	0,89	0,00	703,12	0,00	703,12	703,12
10:16	26	44,37	0,90	0,00	709,24	0,00	709,24	709,24
10:20	25	44,82	0,91	0,00	715,15	0,00	715,15	715,15
10:24	24	45,26	0,91	0,00	720,84	0,00	720,84	720,84
10:28	23	45,69	0,92	0,00	726,31	0,00	726,31	726,31
10:32	22	46,10	0,93	0,00	731,55	0,00	731,55	731,55
10:36	21	46,50	0,93	0,00	736,58	0,00	736,58	736,58
10:40	20	46,88	0,94	0,00	741,39	0,00	741,39	741,39
10:44	19	47,25	0,94	0,00	745,96	0,00	745,96	745,96
10:48	18	47,60	0,95	0,00	750,32	0,00	750,32	750,32
10:52	17	47,93	0,95	0,00	754,44	0,00	754,44	754,44
11:00	15	48,55	0,96	0,00	762,00	0,00	762,00	762,00
11:04	14	48,84	0,97	0,00	765,44	0,00	765,44	765,44
11:08	13	49,11	0,97	0,00	768,64	0,00	768,64	768,64
11:12	12	49,35	0,98	0,00	771,61	0,00	771,61	771,61
11:16	11	49,58	0,98	0,00	774,34	0,00	774,34	774,34
11:20	10	49,80	0,98	0,00	776,84	0,00	776,84	776,84
11:24	9	49,99	0,99	0,00	779,11	0,00	779,11	779,11
11:28	8	50,16	0,99	0,00	781,13	0,00	781,13	781,13
11:32	7	50,31	0,99	0,00	782,92	0,00	782,92	782,92
11:36	6	50,45	0,99	0,00	784,48	0,00	784,48	784,48
11:40	5	50,56	0,99	0,00	785,79	0,00	785,79	785,79
11:44	4	50,65	1,00	0,00	786,87	0,00	786,87	786,87
11:48	3	50,72	1,00	0,00	787,70	0,00	787,70	787,70
11:52	2	50,78	1,00	0,00	788,30	0,00	788,30	788,30
11:56	1	50,81	1,00	0,00	788,66	0,00	788,66	788,66
12:00	0	50,82	1,00	0,00	788,78	0,00	788,78	788,78
Σ					45335,73		43950,18	45682,57
\bar{P}					0,992		0,962	

Taula 2.29. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de setembre (2).

Octubre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
6:32	81,36	0,00	0,13	790,00	0,00	790,00	0,00	103,23
6:36	81	0,31	0,14	763,76	3,62	774,99	2,07	108,91
6:40	80	1,04	0,15	703,63	13,37	740,61	7,64	122,26
6:44	79	1,77	0,17	645,66	24,77	707,45	14,17	135,57
6:48	78	2,49	0,19	589,72	37,73	675,46	21,58	148,83
6:52	77	3,22	0,21	535,70	52,16	644,57	29,83	162,05
6:56	76	3,94	0,22	483,50	67,98	614,71	38,88	175,21
7:00	75	4,65	0,24	433,02	85,09	585,84	48,66	188,31
7:04	74	5,37	0,25	384,16	103,44	557,90	59,16	201,35
7:08	73	6,08	0,27	336,86	122,94	530,85	70,31	214,33
7:12	72	6,79	0,29	291,01	143,53	504,63	82,08	227,24
7:16	71	7,50	0,30	246,57	165,14	479,21	94,45	240,07
7:20	70	8,20	0,32	203,45	187,72	454,56	107,36	252,83
7:24	69	8,90	0,34	161,60	211,20	430,62	120,78	265,51
7:28	68	9,60	0,35	120,96	235,52	407,38	134,69	278,10
7:32	67	10,29	0,37	81,47	260,64	384,79	149,06	290,61
7:36	66	10,98	0,38	43,08	286,50	362,84	163,85	303,02
7:40	65	11,67	0,40	5,74	313,04	341,49	179,03	315,33
7:44	64	12,35	0,41	0,00	327,55	320,71	194,58	327,55
7:48	63	13,03	0,43	0,00	339,66	300,49	210,47	339,66
7:52	62	13,71	0,45	0,00	351,67	280,81	226,67	351,67
7:56	61	14,38	0,46	0,00	363,56	261,63	243,16	363,56
8:00	60	15,04	0,48	0,00	375,34	242,95	259,92	375,34
8:04	59	15,70	0,49	0,00	387,00	224,73	276,91	387,00
8:08	58	16,36	0,50	0,00	398,54	206,98	294,13	398,54
8:12	57	17,01	0,52	0,00	409,96	189,67	311,53	409,96
8:16	56	17,66	0,53	0,00	421,25	172,78	329,11	421,25
8:20	55	18,30	0,55	0,00	432,40	156,31	346,85	432,40
8:24	54	18,93	0,56	0,00	443,42	140,24	364,71	443,42
8:28	53	19,56	0,58	0,00	454,30	124,55	382,68	454,30
8:32	52	20,19	0,59	0,00	465,04	109,24	400,73	465,04
8:36	51	20,80	0,60	0,00	475,63	94,29	418,86	475,63
8:40	50	21,42	0,62	0,00	486,07	79,70	437,03	486,07
8:44	49	22,02	0,63	0,00	496,36	65,46	455,23	496,36
8:48	48	22,62	0,64	0,00	506,50	51,56	473,44	506,50
8:52	47	23,21	0,65	0,00	516,48	37,98	491,65	516,48
8:56	46	23,80	0,67	0,00	526,30	24,73	509,82	526,30
9:00	45	24,37	0,68	0,00	535,95	11,80	527,94	535,95
9:04	44	24,95	0,69	0,00	545,44	0,00	545,44	545,44
9:08	43	25,51	0,70	0,00	554,75	0,00	554,75	554,75
9:12	42	26,06	0,71	0,00	563,90	0,00	563,90	563,90
9:16	41	26,61	0,73	0,00	572,87	0,00	572,87	572,87
9:20	40	27,15	0,74	0,00	581,66	0,00	581,66	581,66
9:24	39	27,68	0,75	0,00	590,26	0,00	590,26	590,26
9:28	38	28,20	0,76	0,00	598,69	0,00	598,69	598,69
9:32	37	28,71	0,77	0,00	606,93	0,00	606,93	606,93

Taula 2.30. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'octubre (1).

Octubre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
9:36	36	29,21	0,78	0,00	614,98	0,00	614,98	614,98
9:40	35	29,71	0,79	0,00	622,84	0,00	622,84	622,84
9:44	34	30,19	0,80	0,00	630,51	0,00	630,51	630,51
9:48	33	30,66	0,81	0,00	637,98	0,00	637,98	637,98
9:52	32	31,13	0,82	0,00	645,25	0,00	645,25	645,25
9:56	31	31,58	0,83	0,00	652,32	0,00	652,32	652,32
10:00	30	32,02	0,83	0,00	659,19	0,00	659,19	659,19
10:04	29	32,45	0,84	0,00	665,85	0,00	665,85	665,85
10:08	28	32,87	0,85	0,00	672,31	0,00	672,31	672,31
10:12	27	33,28	0,86	0,00	678,56	0,00	678,56	678,56
10:16	26	33,67	0,87	0,00	684,60	0,00	684,60	684,60
10:20	25	34,06	0,87	0,00	690,43	0,00	690,43	690,43
10:24	24	34,43	0,88	0,00	696,04	0,00	696,04	696,04
10:28	23	34,79	0,89	0,00	701,44	0,00	701,44	701,44
10:32	22	35,13	0,89	0,00	706,62	0,00	706,62	706,62
10:36	21	35,46	0,90	0,00	711,58	0,00	711,58	711,58
10:40	20	35,78	0,91	0,00	716,32	0,00	716,32	716,32
10:44	19	36,09	0,91	0,00	720,83	0,00	720,83	720,83
10:48	18	36,38	0,92	0,00	725,13	0,00	725,13	725,13
10:52	17	36,66	0,92	0,00	729,20	0,00	729,20	729,20
10:56	16	36,92	0,93	0,00	733,04	0,00	733,04	733,04
11:00	15	37,17	0,93	0,00	736,66	0,00	736,66	736,66
11:04	14	37,40	0,94	0,00	740,05	0,00	740,05	740,05
11:08	13	37,62	0,94	0,00	743,21	0,00	743,21	743,21
11:12	12	37,82	0,94	0,00	746,14	0,00	746,14	746,14
11:16	11	38,01	0,95	0,00	748,84	0,00	748,84	748,84
11:20	10	38,18	0,95	0,00	751,30	0,00	751,30	751,30
11:24	9	38,33	0,95	0,00	753,54	0,00	753,54	753,54
11:28	8	38,47	0,96	0,00	755,54	0,00	755,54	755,54
11:32	7	38,60	0,96	0,00	757,30	0,00	757,30	757,30
11:36	6	38,70	0,96	0,00	758,84	0,00	758,84	758,84
11:40	5	38,79	0,96	0,00	760,13	0,00	760,13	760,13
11:44	4	38,87	0,96	0,00	761,19	0,00	761,19	761,19
11:48	3	38,93	0,96	0,00	762,02	0,00	762,02	762,02
11:52	2	38,97	0,97	0,00	762,61	0,00	762,61	762,61
11:56	1	38,99	0,97	0,00	762,97	0,00	762,97	762,97
12:00	0	39,00	0,97	0,00	763,08	0,00	763,08	763,08
Σ					42000,28		39451,90	43418,67
\bar{P}					0,967		0,909	

Taula 2.31. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes d'octubre (2).

Novembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:08	72,28	0,00	0,25	790,00	0,00	790,00	0,00	0,00
7:12	72	0,28	0,26	766,06	6,24	776,31	3,57	205,82
7:16	71	0,96	0,28	710,44	21,97	744,50	12,56	218,14
7:20	70	1,63	0,29	656,84	38,83	713,85	22,21	230,38
7:24	69	2,29	0,31	605,15	56,75	684,29	32,46	242,54
7:28	68	2,95	0,32	555,27	75,66	655,76	43,27	254,62
7:32	67	3,61	0,34	507,09	95,48	628,21	54,60	266,62
7:36	66	4,26	0,35	460,54	116,16	601,58	66,43	278,53
7:40	65	4,91	0,37	415,54	137,63	575,85	78,71	290,35
7:44	64	5,55	0,38	372,00	159,83	550,95	91,41	302,07
7:48	63	6,19	0,40	329,86	182,71	526,85	104,49	313,69
7:52	62	6,82	0,41	289,06	206,22	503,51	117,93	325,21
7:56	61	7,45	0,43	249,53	230,30	480,91	131,70	336,62
8:00	60	8,07	0,44	211,22	254,90	459,00	145,78	347,92
8:04	59	8,69	0,45	174,08	279,98	437,76	160,12	359,11
8:08	58	9,31	0,47	138,05	305,50	417,15	174,71	370,18
8:12	57	9,91	0,48	103,10	331,40	397,16	189,52	381,14
8:16	56	10,51	0,50	69,17	357,64	377,76	204,53	391,96
8:20	55	11,11	0,51	36,24	384,19	358,93	219,72	402,67
8:24	54	11,70	0,52	4,26	411,01	340,64	235,05	413,24
8:28	53	12,28	0,54	0,00	423,68	322,88	250,52	423,68
8:32	52	12,86	0,55	0,00	433,98	305,62	266,09	433,98
8:36	51	13,43	0,56	0,00	444,14	288,86	281,74	444,14
8:40	50	13,99	0,57	0,00	454,16	272,57	297,46	454,16
8:44	49	14,55	0,59	0,00	464,04	256,74	313,23	464,04
8:48	48	15,10	0,60	0,00	473,76	241,36	329,02	473,76
8:52	47	15,64	0,61	0,00	483,34	226,41	344,82	483,34
8:56	46	16,18	0,62	0,00	492,76	211,88	360,60	492,76
9:00	45	16,70	0,64	0,00	502,02	197,76	376,35	502,02
9:04	44	17,22	0,65	0,00	511,12	184,03	392,05	511,12
9:08	43	17,74	0,66	0,00	520,06	170,70	407,69	520,06
9:12	42	18,24	0,67	0,00	528,83	157,75	423,23	528,83
9:16	41	18,74	0,68	0,00	537,44	145,17	438,68	537,44
9:20	40	19,22	0,69	0,00	545,87	132,95	454,01	545,87
9:24	39	19,70	0,70	0,00	554,13	121,08	469,20	554,13
9:28	38	20,17	0,71	0,00	562,21	109,57	484,24	562,21
9:32	37	20,63	0,72	0,00	570,12	98,40	499,11	570,12
9:36	36	21,08	0,73	0,00	577,84	87,56	513,79	577,84
9:40	35	21,53	0,74	0,00	585,38	77,06	528,28	585,38
9:44	34	21,96	0,75	0,00	592,74	66,89	542,55	592,74
9:48	33	22,38	0,76	0,00	599,91	57,04	556,59	599,91
9:52	32	22,80	0,77	0,00	606,88	47,50	570,39	606,88
9:56	31	23,20	0,78	0,00	613,67	38,28	583,93	613,67
10:00	30	23,59	0,79	0,00	620,26	29,38	597,19	620,26
10:04	29	23,97	0,79	0,00	626,65	20,78	610,17	626,65
10:08	28	24,34	0,80	0,00	632,85	12,48	622,85	632,85

Taula 2.32. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de novembre (1).

Novembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
10:12	27	24,70	0,81	0,00	638,85	4,49	635,21	638,85
10:16	26	25,05	0,82	0,00	644,64	0,00	644,64	644,64
10:20	25	25,39	0,82	0,00	650,23	0,00	650,23	650,23
10:24	24	25,72	0,83	0,00	655,62	0,00	655,62	655,62
10:28	23	26,03	0,84	0,00	660,79	0,00	660,79	660,79
10:32	22	26,33	0,84	0,00	665,76	0,00	665,76	665,76
10:36	21	26,62	0,85	0,00	670,52	0,00	670,52	670,52
10:40	20	26,90	0,85	0,00	675,07	0,00	675,07	675,07
10:44	19	27,17	0,86	0,00	679,40	0,00	679,40	679,40
10:48	18	27,42	0,87	0,00	683,52	0,00	683,52	683,52
10:52	17	27,66	0,87	0,00	687,43	0,00	687,43	687,43
10:56	16	27,89	0,87	0,00	691,12	0,00	691,12	691,12
11:00	15	28,11	0,88	0,00	694,59	0,00	694,59	694,59
11:04	14	28,31	0,88	0,00	697,84	0,00	697,84	697,84
11:08	13	28,50	0,89	0,00	700,87	0,00	700,87	700,87
11:12	12	28,67	0,89	0,00	703,68	0,00	703,68	703,68
11:16	11	28,83	0,89	0,00	706,27	0,00	706,27	706,27
11:20	10	28,98	0,90	0,00	708,64	0,00	708,64	708,64
11:24	9	29,11	0,90	0,00	710,78	0,00	710,78	710,78
11:28	8	29,23	0,90	0,00	712,70	0,00	712,70	712,70
11:32	7	29,34	0,90	0,00	714,39	0,00	714,39	714,39
11:36	6	29,43	0,91	0,00	715,86	0,00	715,86	715,86
11:40	5	29,51	0,91	0,00	717,11	0,00	717,11	717,11
11:44	4	29,57	0,91	0,00	718,13	0,00	718,13	718,13
11:48	3	29,62	0,91	0,00	718,92	0,00	718,92	718,92
11:52	2	29,66	0,91	0,00	719,49	0,00	719,49	719,49
11:56	1	29,68	0,91	0,00	719,83	0,00	719,83	719,83
12:00	0	29,69	0,91	0,00	719,94	0,00	719,94	719,94
Σ					36992,19		32980,91	39270,63
\bar{P}					0,942		0,840	

Taula 2.33. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de novembre (2).

Desembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	x = 2227		x = 1000		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
7:28	67,79	0,00	0,31	790,00	0,00	790,00	0,00	242,37
7:32	67	0,62	0,32	738,24	16,62	760,40	9,50	253,67
7:36	66	1,25	0,34	686,69	34,69	730,92	19,84	265,25
7:40	65	1,88	0,35	636,98	53,60	702,49	30,66	276,74
7:44	64	2,50	0,36	589,02	73,30	675,06	41,92	288,14
7:48	63	3,12	0,38	542,73	93,73	648,59	53,60	299,45
7:52	62	3,73	0,39	498,02	114,82	623,02	65,66	310,65
7:56	61	4,34	0,41	454,81	136,52	598,31	78,07	321,75
8:00	60	4,94	0,42	413,04	158,77	574,42	90,80	332,74
8:04	59	5,54	0,43	372,63	181,54	551,31	103,82	343,63
8:08	58	6,13	0,45	333,54	204,77	528,95	117,11	354,40
8:12	57	6,72	0,46	295,69	228,41	507,31	130,63	365,05
8:16	56	7,30	0,48	259,04	252,43	486,35	144,36	375,58
8:20	55	7,87	0,49	223,54	276,77	466,05	158,28	385,99
8:24	54	8,44	0,50	189,15	301,40	446,38	172,37	396,27
8:28	53	9,00	0,51	155,81	326,27	427,31	186,59	406,43
8:32	52	9,56	0,53	123,50	351,35	408,83	200,93	416,45
8:36	51	10,10	0,54	92,17	376,59	390,91	215,37	426,33
8:40	50	10,65	0,55	61,78	401,97	373,54	229,89	436,08
8:44	49	11,18	0,56	32,32	427,45	356,69	244,46	445,68
8:48	48	11,71	0,58	3,74	452,99	340,34	259,06	455,14
8:52	47	12,23	0,59	0,00	464,46	324,48	273,69	464,46
8:56	46	12,74	0,60	0,00	473,62	309,11	288,31	473,62
9:00	45	13,25	0,61	0,00	482,63	294,19	302,90	482,63
9:04	44	13,74	0,62	0,00	491,48	279,72	317,46	491,48
9:08	43	14,23	0,63	0,00	500,18	265,68	331,96	500,18
9:12	42	14,72	0,64	0,00	508,71	252,07	346,39	508,71
9:16	41	15,19	0,65	0,00	517,08	238,87	360,73	517,08
9:20	40	15,65	0,66	0,00	525,28	226,08	374,96	525,28
9:24	39	16,11	0,68	0,00	533,32	213,67	389,07	533,32
9:28	38	16,56	0,69	0,00	541,18	201,66	403,03	541,18
9:32	37	17,00	0,69	0,00	548,87	190,02	416,85	548,87
9:36	36	17,43	0,70	0,00	556,38	178,75	430,49	556,38
9:40	35	17,85	0,71	0,00	563,72	167,85	443,95	563,72
9:44	34	18,26	0,72	0,00	570,87	157,30	457,21	570,87
9:48	33	18,66	0,73	0,00	577,84	147,10	470,25	577,84
9:52	32	19,05	0,74	0,00	584,63	137,24	483,07	584,63
9:56	31	19,43	0,75	0,00	591,23	127,72	495,64	591,23
10:00	30	19,81	0,76	0,00	597,64	118,54	507,96	597,64
10:04	29	20,17	0,76	0,00	603,86	109,69	520,01	603,86
10:08	28	20,52	0,77	0,00	609,89	101,17	531,78	609,89
10:12	27	20,86	0,78	0,00	615,72	92,96	543,26	615,72
10:16	26	21,19	0,79	0,00	621,35	85,08	554,44	621,35
10:20	25	21,51	0,79	0,00	626,79	77,51	565,29	626,79
10:24	24	21,82	0,80	0,00	632,03	70,26	575,82	632,03
10:28	23	22,11	0,81	0,00	637,07	63,31	586,01	637,07

Taula 2.34. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de desembre (1).

Desembre								
Hora	ω	α	$\cos\theta$	$x = 2227$		$x = 1000$		$I_0(\text{W/mm})$
				p(mm)	I(W/mm)	p(mm)	I(W/mm)	
10:32	22	22,40	0,81	0,00	641,90	56,68	595,85	641,90
10:36	21	22,67	0,82	0,00	646,53	50,35	605,32	646,53
10:40	20	22,93	0,82	0,00	650,95	44,32	614,43	650,95
10:44	19	23,18	0,83	0,00	655,17	38,60	623,16	655,17
10:48	18	23,42	0,83	0,00	659,18	33,18	631,49	659,18
10:52	17	23,65	0,84	0,00	662,97	28,05	639,43	662,97
10:56	16	23,86	0,84	0,00	666,56	23,23	646,97	666,56
11:00	15	24,07	0,85	0,00	669,94	18,70	654,08	669,94
11:04	14	24,26	0,85	0,00	673,10	14,46	660,78	673,10
11:08	13	24,43	0,86	0,00	676,05	10,53	667,04	676,05
11:12	12	24,60	0,86	0,00	678,78	6,88	672,87	678,78
11:16	11	24,75	0,86	0,00	681,30	3,53	678,25	681,30
11:20	10	24,89	0,87	0,00	683,60	0,47	683,19	683,60
11:24	9	25,01	0,87	0,00	685,69	0,00	685,69	685,69
11:28	8	25,12	0,87	0,00	687,55	0,00	687,55	687,55
11:32	7	25,22	0,87	0,00	689,20	0,00	689,20	689,20
11:36	6	25,31	0,87	0,00	690,63	0,00	690,63	690,63
11:40	5	25,38	0,88	0,00	691,84	0,00	691,84	691,84
11:44	4	25,44	0,88	0,00	692,83	0,00	692,83	692,83
11:48	3	25,49	0,88	0,00	693,60	0,00	693,60	693,60
11:52	2	25,52	0,88	0,00	694,16	0,00	694,16	694,16
11:56	1	25,54	0,88	0,00	694,49	0,00	694,49	694,49
12:00	0	25,55	0,88	0,00	694,60	0,00	694,60	694,60
Σ					34000,42		28810,93	36934,23
\bar{P}					0,921		0,780	

Taula 2.35. Càlcul de les pèrdues per ombres per al mes de desembre (2).

La radiació mensual neta rebuda per la superfície captadora es mostra a la Taula 2.36.

	\bar{P}		Radiació mensual sense ombres (kWh/m ²)	Radiació mensual neta (kWh/m ²)	
	x = 2227	x = 1000		x = 2227	x = 1000
Gener	0,928	0,811	96,79	89,79	78,45
Febrer	0,958	0,887	158,60	151,88	140,68
Març	0,984	0,944	175,34	172,57	165,59
Abril	0,998	0,980	167,75	167,50	164,44
Maig	1,000	0,993	170,99	170,99	169,76
Juny	1,000	0,996	171,35	171,35	170,65
Juliol	1,000	0,995	183,80	183,80	182,82
Agost	1,000	0,987	180,76	180,70	178,38
Setembre	0,992	0,962	165,98	164,72	159,69
Octubre	0,967	0,909	154,08	149,05	140,01
Novembre	0,942	0,840	88,85	83,69	74,62
Desembre	0,921	0,780	58,90	54,22	45,94
Radiació anual(kWh/m ²)			1.773,20	1.740,27	1.671,03
Pèrdues per ombra totals (%)			0,00	1,23	4,13

Taula 2.36. Pèrdues anuals per ombres.

Segons els resultats obtinguts les pèrdues anuals per ombres entre els propis panells són del **1,23%** per a l'alternativa 1 de 24 panells i de **4,13%** per a l'alternativa 2 de 30 panells.

2.1.5. Càlcul de l'energia generada

En aquest apartat es pretén determinar d'una manera estimativa la producció anual de la instal·lació per a cada una de les alternatives estudiades a l'apartat 1.8.5. Els principals factors que intervenen en la producció d'energia elèctrica són:

- Energia solar. Depèn principalment de la inclinació i orientació de la superfície total, però també de la situació geogràfica.
- Superfície total. És la superfície d'un panell multiplicada pel nombre de panells de la instal·lació.
- Pèrdues per ombres entre els propis panells.
- Pèrdues de potència als panells degudes a la brutícia i a la temperatura exterior. Aquestes poden variar entre un 0% i un 10% després d'un dia de pluja amb fang. El rendiment dels panells també varia ja que es calcula en condicions òptimes de temperatura i ambient. Com a valor mig de pèrdues de potència degudes a la brutícia i a la temperatura exterior s'agafa el 5%.
- Rendiment teòric dels panells. Per al model seleccionat el rendiment és de 14,3%.

- Rendiment de l'inversor. El rendiment dels inversors seleccionats per a cada una de les alternatives és del 97%. Tot i això mai treballen en punt òptim i per tant es considera un rendiment promig del 94%.
- Pèrdues per caiguda de tensió. Degut a l'efecte Joule al passar el corrent pel circuit elèctric es produeixen pèrdues en forma de calor. També es produeixen pèrdues quan el corrent passa a través dels elements de seguretat i control. Es consideren unes pèrdues màximes de l'1,5%.
- Radiació neta: És l'energia captada per la superfície total tenint en compte les pèrdues per ombres.
- Energia generada: És aquella energia que es ven a la xarxa elèctrica.
- Índex de producció: És la relació entre la radiació disponible i l'energia que es ven a la xarxa elèctrica.

A l'Apartat 2.1.1 i al 2.1.4 s'ha calculat l'energia solar i les pèrdues per ombra entre els pròpies panells respectivament. L'energia venuda per a cada un de les alternatives estudiades es calcula a la Taula 2.37.

	24 panells	30 panells
Superfície panells (m²)	1,26	1,26
Superfície total (m²)	30,24	37,8
Radiació solar total anual (kWh/m²)	1.773,20	1.773,20
Pèrdues per ombres (%)	1,23	4,13
Radiació neta (kWh/m²)	1.740,27	1.671,03
Radiació total (kWh)	52.625,76	63.164,93
Rendiment dels panells (%)	14,30	14,30
Pèrdues de potència als panells (%)	5,00	5,00
Energia generada (kWh)	7.149,21	8.580,96
Rendiment de l'inversor (%)	94,00	94,00
Pèrdues per caiguda de tensió (%)	1,50	1,50
Energia venuda (kWh)	6.619,45	7.945,11

Taula 2.37. Càlcul de l'energia venuda per a cada alternativa.

2.1.6. Dimensionat de la instal·lació elèctrica.

En el present apartat es pretén determinar els elements elèctrics que permeten connectar la instal·lació fotovoltaica a la xarxa elèctrica. Cal destacar que el dimensionat de la instal·lació elèctrica solsament s'ha fet per a la solució final de 30 panells ja que tal i com s'explica a l'apartat 1.8.8 és la que millor s'adapta a als requeriments.

Els elements que componen el sistema elèctric són:

- Cables conductors
- Proteccions
- Presa de terra

2.1.6.1. Càlcul de la connexió dels mòduls fotovoltaics a l'inversor

Per determinar el nombre de mòduls fotovoltaics que van en sèrie i en paral·lel és necessari conèixer la intensitat i tensió màxima que suporta l'inversor, així com la intensitat de curtcircuit dels mòduls fotovoltaics. A continuació es descriuen els passos seguits per determinar la connexió dels mòduls a l'inversor.

La intensitat màxima suportada per l'inversor seleccionat a l'apartat 1.5.7 és de 22 A. El nombre màxim de línies en paral·lel, en aquest cas és:

$$N_p = \frac{I_{INV}}{I_{SC}}$$

Eq. 2.28

on: I_{INV} és intensitat màxima que pot suportar l'inversor (A).

I_{SC} és la intensitat de curtcircuit dels panells(A).

N_p és el nombre de línies en paral·lel (V).

Com que la intensitat de curtcircuit dels mòduls BP 7180, seleccionats a l'apartat 1.5.6, és de 5,4 A, el resultat d'aplicar l'Equació 2.26 és 4,07 A. El nombre màxim de línies en paral·lel és de 4 però per seguretat se'n connectaran 3, per tant com que el nombre total de panells és de 30 a cada línia es connectaran 10 panells en sèrie. Com que la tensió en circuit obert dels mòduls és de 44,8 V, la tensió màxima suportada per l'inversor és de 448 V. El valor màxim d'intensitat serà de 16,4 A.

En aquest cas no sobrepassa ni la tensió màxima, ni la intensitat màxima suportada per l'inversor, 600 V i 22 A respectivament, i per tant és considera vàlida la connexió de tres línies en paral·lel. L'esquema de connexió es mostra a la Figura 2.4.

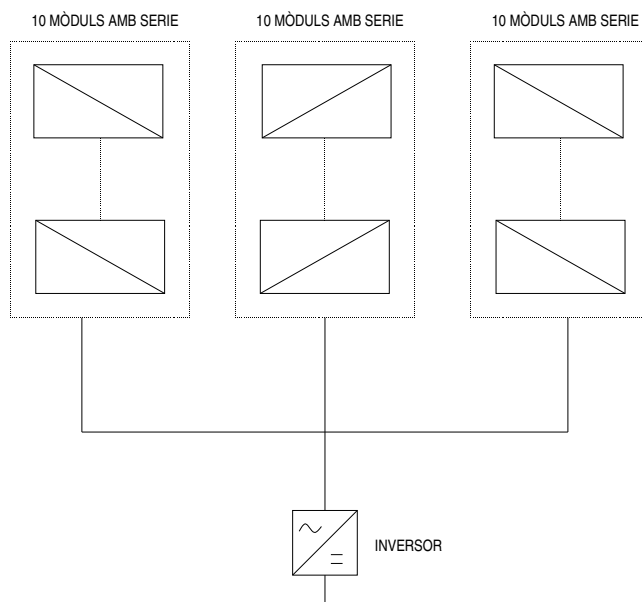


Figura 2.4. Connexió dels mòduls a l'inversor.

2.1.6.2. Càlcul de la secció dels conductors elèctrics

El dimensionat dels cables elèctrics es farà segons el Reglament Elèctric de Baixa Tensió (REBT) aprovat pel Reial Decret 842/2002, el qual estableix la normativa tècnica a seguir. Per a tota la instal·lació s'utilitzarà cable de coure flexible, amb aïllament XPLE i coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV UNE 21123 IEC 502 90, de tensió nominal no inferior a 1000 V. El subministrament serà monofàsic al ser la potència nominal de l'inversor de 4600 W.

La instal·lació fotovoltaica consta de 3 línies diferenciades entre sí (Veure plànol nº8).

- Línia AC (L1): Compren de la caixa de protecció general (CPM) fins a l'inversor. La major part de la línia va soterrada i la resta es conduirà per l'interior del garatge de la vivenda.
- Línia CC (L2): Va des de l'inversor fins a les derivacions de les línies fotovoltaïques situades dins del quadre de proteccions (Veure plànol nº 12). Els cables es conduiran grapats a la paret dins de tubs tipus B2 (Veure Taula 2.4).

- Línia FV (L3.1, L3.2 i L3.3): És la que va des de la línia L2 fins a la connexió en sèrie dels panells. En aquesta part els cables es conduiran grapats a la paret dins de tubs tipus B2.

Càlcul de les intensitats de les línies elèctriques

El primer pas per dimensionar els conductors consisteix en determinar les intensitats màximes que circulen per cada una de les línies mitjançant l'aplicació d'uns factors de correcció a la intensitat nominal de la línia.

La intensitat nominal de la línia L1 (I_{L1}) és:

$$I_{L1} = \frac{P_{\max}}{V_n}$$

Eq. 2.29

on: P_{\max} és la potència màxima de sortida de l'inversor.

V_n és la tensió nominal de la línia.

Com que la potència màxima de sortida de l'inversor és de 5000 W i la tensió nominal és de 220 V la intensitat nominal de la L1 serà de **22,7 A**

La intensitat nominal de la línia L2 (I_{L2}) és:

$$I_{L2} = I_{SC} \cdot N_P$$

Eq. 2.30

Com que la intensitat de curtcircuit dels panells és de 5,4 i el nombre de línies en paral·lel és tres la intensitat nominal de la línia L2 serà de **16,2 A**.

La nominal de les línies L3.1, L3.2 i L3.3 ($I_{L3.1}$, $I_{L3.2}$ i $I_{L3.3}$) és el corrent de curtcircuit dels mòduls fotovoltaics que val **5,4 A**.

Per seguretat és necessari aplicar una sèrie de factors de correcció que tenen en compte les condicions de treball dels cables elèctrics. Per als càlculs es pren un 125% de la corrent calculada en cada un dels casos, complint l'indicat a la ITC-BT 40 per a instal·lacions generadores.

Els factors de correcció a aplicar segons la temperatura ambient (F_{TA}) per a instal·lacions interiors es mostren a la Taula 2.38.

Temperatura ambient (°C)	Aïllament			
	PVC	XLPE I EPR	Mineral	
			Coberta de PVC accessible 70°C	Inaccessible 105 °C
10	1,4	1,26	1,48	1,24
15	1,34	1,23	1,41	1,21
20	1,29	1,19	1,34	1,16
25	1,22	1,14	1,26	1,13
30	1,15	1,10	1,18	1,09
35	1,08	1,05	1,09	1,04
40	1,00	1,00	1,00	1,00
45	0,91	0,96	0,89	0,96
50	0,82	0,90	0,79	0,91
55	0,70	0,83	0,67	0,87
60	0,57	0,78	0,53	0,81
65		0,71		0,76
70		0,64		0,71
75		0,55		0,65
80		0,45		0,59
85				0,51
90				0,43
95				0,35

Taula 2.38. Factors de correcció per a temperatures

Com que la temperatura ambient màxima de la zona és de 50°C el factor de correcció ha aplicar a la línia L2 i L3 és de 0,9.

Si els cables es troben exposats a la radiació solar, s'aplica un factor de correcció (F_{RAD}) de **0,9** segons la norma UNE 20.435.

Per a cables enterrats on la temperatura del terreny és diferent de 25°C els factors de correcció F_{TT} que s'aplica es mostra a la Taula 2.39.

Temperatura del terra (°C)	Aïllament	
	PVC	XPLE I EPR
10	1,16	1,11
15	1,11	1,08
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	,97
35	0,88	0,93
40	0,81	0,89
45	0,75	0,83
50	0,66	0,79
55	0,58	0,74
60	0,47	0,68
65		0,62
70		0,55
75		0,48
80		0,40

Taula 2.39. Factor de correcció segons la temperatura del terreny.

El factor de correcció ha aplicar a la línia L1 és de 0,89 ja que la temperatura màxima a la qual pot arribar el terreny és de 40°C.

Un cop determinats els factors de correcció, la intensitat màxima ($I_{m\grave{a}x}$) suportada pels cables conductors s'obté amb l'expressió següent:

$$I_{m\grave{a}x} = \frac{I_{cal} \cdot 1,25}{F_{TA} \cdot F_{RAD} \cdot F_{TT}}$$

Eq. 2.31

Segons les dades exposades anteriorment i el càlcul de la intensitat màxima que pot circular per cada cable es presenta a la Taula 2.40.

Línia	I_n (A)	FTA	FRAD	FTT	$I_{m\grave{a}x}$ (A)
L1	22,7	1	1	0,89	32,67
L2	16,2	0,9	0,9	1	25
L3.1	5,4	0,9	0,9	1	8,33
L3.2	5,4	0,9	0,9	1	8,33
L3.3	5,4	0,9	0,9	1	8,33









Taula 2.40. Intensitat màxima admissible suportada per cada línia.

Càlcul de la secció dels conductors segons la capacitat tèrmica d'aquests.

La importància d'aquests càlculs és deguda al fet que quan passa corrent per un conductor es produeix un escalfament del mateix degut a la pèrdua d'energia en forma de calor (efecte Joule). Aquest efecte es produeix fins assolir un equilibri tèrmic entre la temperatura del conductor i la temperatura ambient. La temperatura d'equilibri depèn de la secció del conductor, el seu aïllant i les condicions ambientals del cable.

Per realitzar el dimensionat dels conductors es seguirà el mètode exposat en la ITC-BT-19 del REBT, on s'ofereixen una sèrie de taules que, donada la intensitat màxima que pot circular, el material del conductor i l'aïllament, es determinen els valors normalitzats de la secció del cablejat en funció de la intensitat.

A la Taula 2.41 es mostren les intensitats admissibles segons la secció del conductor, considerant unes condicions normals de 40° i sense exposició al Sol.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ⁵ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁵						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁶ . Distancia a la pared no inferior a D ⁶						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾		
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁷⁾								3x PVC ¹⁾			3x XLPE o EPR	
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
150				236	260	278	310	338	363	404	525			
185				268	297	317	354	386	415	464	601			
240				315	350	374	419	455	490	552	711			

Taula 2.41. Intensitats admissibles (A) per a una temperatura ambient de 40°C.

Per a cables enterrats les intensitat màximes admissibles segons la norma UNE 20.460-5-523 es mostren a la Taula 2.42.

Secció		Aïllament PVC		Aïllament XPLE		Aïllament EPR	
		3 cables unipolars	1 cable tripolar	3 cables unipolars	1 cable tripolar	3 cables unipolars	1 cable tripolar
Coure	1,5	28	25	32	28	31	28
	2,5	38	34	33	40	43	39
	4	50	45	57	52	55	51
	6	63	56	72	66	70	64
	10	85	75	96	88	94	85
	16	110	97	125	115	120	110
	25	140	125	160	150	155	140
	35	170	150	190	180	185	175
	50	200	180	230	215	225	205
	70	245	220	280	260	270	250
	95	290	265	335	310	325	305
	120	335	305	380	355	375	350
	150	370	340	425	400	415	390
	185	420	385	480	450	470	440
	240	485	445	550	520	540	505
	300	550	505	620	590	610	565
	400	615	570	705	665	690	645
	500	685	--	790	--	775	--
Alumini	16	86	76	97	90	94	86
	25	110	98	125	115	120	110
	35	130	120	150	140	145	135
	50	155	140	180	165	175	160
	70	190	170	220	205	215	200
	95	225	210	260	240	255	235
	120	260	235	295	275	290	270
	150	290	265	330	310	325	305
	185	325	300	375	350	365	345
	240	380	350	430	405	420	395
	300	430	395	485	460	475	445
	400	480	445	550	520	540	500

Taula 2.42. Intensitat admissible en Ampers per cables enterrats amb una temperatura del terra de 25°C.

La secció mínima dels cables conductors tenint en compte la capacitat tèrmica dels mateixos (Taula 2.41 i Taula 2.42), es mostra a la Taula 2.43.

Línia	$I_{\max}(\text{A})$	$S_{\min}(\text{mm}^2)$
L1	32,67	6
L2	25	4
L3.1	8,33	1,5
L3.2	8,33	1,5
L3.3	8,33	1,5

Taula 2.43. Secció mínima dels conductors tenint en compte la capacitat tèrmica dels mateixos.

Com que la línia L1 discorrerà una part enterrada i l'altra a l'aire, s'ha considerat la secció més desfavorable.

Càlcul de la secció dels conductors segons la caiguda de tensió.

El plec de condicions tècniques de l'IDAE especifica que la caiguda de tensió màxima a la part de corrent continu ha de ser inferior al 1,5% i a la part de corrent altern de l'1%.

La caiguda de tensió ve definida per les següents expressions:

- Per corrent altern monofàsic:

$$cdt = \frac{2 \cdot l \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S}$$

Eq. 2.32

- Per corrent continu:

$$cdt = \frac{2 \cdot l \cdot I_{\max}}{\gamma \cdot S}$$

Eq. 2.33

on: l és la longitud del conductor (m).

I_{\max} és la intensitat màxima que circula pel conductor (A).

$\cos \varphi$ és el factor de potència. Es pren com a valor 1.

γ és la resistivitat del coure que val $56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$.

cdt és la caiguda de tensió (V)

Mitjançant aquestes equacions es pot determinar la secció mínima del conductor per tal de que la caiguda no sigui superior a la desitjada. Operant amb les equacions anteriors la secció mínima (S_{\min}) es calcula a partir de les expressions següents:

- Per corrent altern monofàsic:

$$S_{\min} = \frac{2 \cdot l \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot cdt}$$

Eq. 2.34

- Per corrent continu:

$$S_{\min} = \frac{2 \cdot l \cdot I_{\max}}{\gamma \cdot cdt}$$

Eq. 2.35

Els resultats obtinguts amb l'aplicació de les expressions per al càlcul de la secció mínima en funció de la caiguda de tensió es mostren a la Taula 2.44.

Línia	l(m)	I _{màx} (A)	Tensió (V)	cdt (%)	cdt (V)	S _{mín} (mm ²)
L1	15	32,30	220	1	2,20	7,87
L2	5	25	448	1,5	6,72	2,66
L3.1	10	8,33	448	1,5	6,72	0,44
L3.2	10	8,33	448	1,5	6,72	0,44
L3.3	10	8,33	448	1,5	6,72	0,44

Taula 2.44. Secció mínima dels conductors tenint en compte la caiguda de tensió

Un cop dimensionades les línies pels dos mètodes, s'elegeix la més desfavorable per tal que suporti les condicions més extremes de funcionament, les seccions definitives dels cables conductors es mostren a la Taula 2.45.

Línia	S (mm ²)
L1	10
L2	4
L3.1	1,5
L3.2	1,5
L3.3	1,5

Taula 2.45. Secció dels cables conductors

Dimensionat dels tubs.

El dimensionat dels tubs que s'utilitzen es fa seguint la ITC-BT-21. El diàmetre mínim dels tubs segons el número de conductors i la secció nominal dels conductors per a canalitzacions fixes a la paret es mostra a la Taula 2.46 i a la Taula 2.47.

Secció nominal dels conductors unipolars (mm ²)	Diàmetre exterior dels tubs (mm)				
	Número de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Taula 2.46. Diàmetre exterior dels tubs per a canalitzacions fixes a la superfície.

Secció nominal dels conductors unipolars(mm ²)	Diàmetre exterior dels tubs (mm)				
	Número de conductors				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Taula 2.47. Diàmetre exterior dels tubs per a canalitzacions enterrades.

En el cas del present projecte els tubs a utilitzar segons la línia es mostren a la Taula 2.48.

Línia	S (mm ²)	Diàmetre exterior dels tubs (mm)
L1	10	63
L2	4	12
L3.1	1,5	12
L3.2	1,5	12
L3.3	1,5	12

Taula 2.48. Diàmetre exterior dels tubs segons la línia.

2.1.7. Dimensionat dels elements de protecció

A partir de la intensitat calculada a l'apartat 2.1.4 que circula per cada línia es dimensionarà cada un dels elements de protecció. Els elements de protecció s'han classificat segons els tipus de corrent.

Corrent contínua

- **Fusible**

Per tal de protegir l'inversor contra curtcircuits s'instal·larà un fusible a cada pol per a cada una de les tres línies (L1.1, L1.2 i L2.2) entre l'inversor i la instal·lació fotovoltaica.

El requeriments del fusible són una resposta lenta en les sobrecàrregues i ràpida en front curtcircuits. Per aquest motiu s'escollirà un fusible tipus gG, que són els que s'usen generalment en aquest tipus d'instal·lacions. La intensitat del fusible ha de ser aquella que sigui superior a la intensitat nominal de la línia i inferior a la intensitat màxima a suportar (Equació 2.29).

$$I_n < I_f < I_{\max}$$

Eq. 2.36

on: I_n és la intensitat nominal de la línia

I_{\max} és la intensitat màxima que ha de suportar la línia.

I_f és la intensitat nominal del fusible.

La tensió màxima i la intensitat màxima suportada per l'inversor són 600 V i 22 A, respectivament. Com les tres línies estan en paral·lel, la intensitat màxima que pot circular per cada línia per tal de no superar la màxima de l'inversor és de 7,3 A. La intensitat nominal de cada línia és de 5,4 A. Segons el catàleg del fabricant Legrand els models de fusibles tipus gG són de 2, 4, 6, 10, 16 i 20 A. Per tant el de 6 A és el que compleix l'Equació 2.29. Les característiques d'aquest fusibles són una intensitat nominal de 6 A, tensió màxima suportada de 550 V i una corrent màxima d'actuació de 10 kA.

- **Limitador de sobretensions:**

Es recomana instal·lar limitadors de sobretensió, en aquelles províncies amb més de 20 dies de tempesta a l'any, i és molt recomanable en aquelles amb més de 25. A la Figura 2.5 es mostren els dies de tempesta a l'any per a cada província d'Espanya.

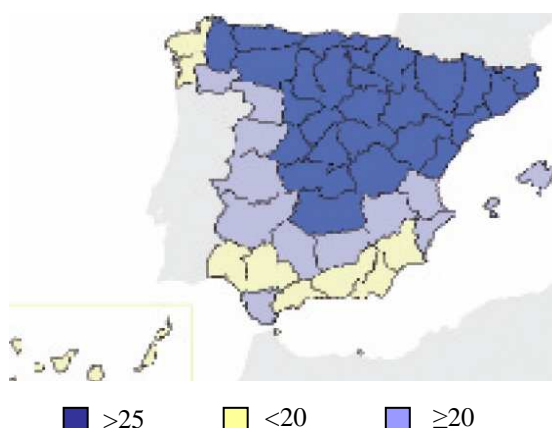


Figura 2.5. Dies de tempesta a l'any.

La província de Lleida es troba situada en una zona de més de 25 dies de tempesta a l'any i, per tant, es considera de risc de patir sobretensions.

Els limitadors de sobretensions es classifiquen segons la Taula 2.49.

Capacitat	Equips a protegir	Sensibilitat
Alta	Motors	>2 kV
Elevada	Electrodomèstics, il·luminació.	1,5 – 2,0 kV
Estàndard	Equips informàtics	Fins a 1,5 kV

Taula 2.49. Classificació dels limitadors de sobretensió.

Degut a les característiques de la instal·lació i a la sensibilitat de l'inversor s'escollirà un limitador de sobretensions de capacitat estàndard. Per tant, segons la ITC-BT-23 serà de protecció classe II. Aquest dispositiu tindrà un temps d'actuació baix <25 ns, una corrent màxima d'actuació de 15 kA i una intensitat nominal de 5 kA (intensitat màxima de descarrega). La tensió d'operació estarà entre 375 i 575 V.

Corrent altern

- **Interruptor magnetotèrmic**

El càlcul de la intensitat nominal del magnetotèrmic, segons la norma EN 60269, es fa considerant dos valors, que corresponen a la forma d'actuar d'aquests. El valor de la intensitat nominal serà superior a la que es preveu que passarà pel conductor però menor a la màxima admissible del mateix (Equació 2.35).

$$I_n < I_m < I_{\max}$$

Eq. 2.37

on: I_n és la intensitat nominal de la línia

I_{\max} és la intensitat màxima admissible.

I_m és la intensitat nominal del magnetotèrmic.

La tensió nominal de la línia és de 220 V i la potència nominal de l'inversor és de 4600 W, per tant la intensitat nominal de la línia és de 22,09 A. La intensitat admissible del conductor és de 52 A. Segons el fabricant Legrand els magnetotèrmics de tipus C, que són els que s'usen en aquest tipus d'instal·lacions, tenen una intensitat nominal de 6, 10, 16, 20, 32 i 40 A. Per tant, el magnetotèrmic que millor s'adapta als requisits de disseny és el de 32 A. Aquest tindrà un poder de tall de 6000 A.

- **Interruptor de control de potència (ICP-M)**

Es situarà després del magnetotèrmic i tindrà una intensitat nominal superior a la del magnetotèrmic però inferior a la màxima admissible per la línia. Segons els requisits la intensitat nominal serà de 40 A amb un poder de tall de 6000 A.

- **Interruptor diferencial**

El diferencial serà de 30 mA amb un temps de desconexió no superior a 0,02 s. Aquest serà bipolar, amb una corrent assignada superior a la del magnetotèrmic. En aquest cas serà de 40 A.

2.1.8. Dimensionat de la línia de terra

Pressa de terra

La pressa de terra es farà mitjançant piques, ja que és el mètode més estès. En quan al seu material, seran d'acer amb un recobriment de coure de 2 mm, un diàmetre total de 19 mm i una longitud de 2 m.

La seva resistència es calcula en funció de la resistivitat del terreny i de la seva longitud, mitjançant l'equació 2.36. El valor de la resistivitat depèn del tipus de terrenys, que tractant-se d'una zona de terrenys cultivables i fèrtils i segons la ITC-BT-18 (Taula 2.50), s'estima en $50 \Omega \cdot m$. En aquest aspecte, cal destacar que aquest valor pot oscil·lar notablement en funció de la humitat i de la temperatura.

$$R = \frac{\rho}{L}$$

Eq. 2.38

on: R és la resistència de pas a terra d'una pica (Ω).

ρ és la resistivitat del terreny (Ω/m).

L és la longitud de la pica (m).

Naturalesa del terreny	Resistivitat en Ohm.m
Terrenys pantanosos	<30
Llims	20 a 100
Humus	10 a 150
Torba humida	5 a 100
Argila plàstica	50
Argila compacta	100 a 200
Margues del juràssic	30 a 40
Arena argilosa	50 a 500
Arena silícia	200 a 3000
Sol pedregós	1500 a 3000
Calcaris tous	100 a 300
Calcaris compactes	1000 a 5000
Pissarres	50 a 300
Roca de mica i quars	8000
Granit i gres procedents d'alteracions	1500 a 10000
Granit i gres molt alterat	100 a 600

Taula 2.50. Resistivitat segons el tipus de terreny.

Com que la longitud de la pica és de 2 m i la resistivitat del terreny de $50 \Omega \cdot m$, la resistència de pas a terra serà de 25Ω .

A partir del valor de la resistència d'una pica de la longitud establerta, es busca el nombre de piques a instal·lar a partir de l'equació 2.37.

$$N = \frac{R}{R_{\max}}$$

Eq. 2.39

on: R és la resistència de pas a terra d'una pica (Ω).

R_{\max} és el valor de la resistència màxima permesa (Ω).

N és el nombre de piques a instal·lar.

En quan al valor de resistència a terra màxim permès, es considera de 80Ω , valor establert per la Norma Tecnològica per a edificis sense parallamps i sense instal·lacions especials.

Un cop realitzats els càlculs, es determina que la presa de terra estarà formada per una pica de 2 metres de longitud. La profunditat de col·locació serà de 80 cm, per sota del nivell del terra.

Conductors de protecció

La secció dels conductors de protecció serà la indicada a la Taula 2.51, s'entén que si l'aplicació de la fórmula dóna lloc a seccions no normalitzades, es pren el valor immediatament superior.

Secció dels conductors de fase: $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Secció mínima dels conductors de protecció: $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Taula 2.51. Secció dels conductors de protecció segons la secció dels conductors de fase.

Per tant, la secció dels conductors de protecció de cada línia de la instal·lació és la resumida a la Taula 2.52.

Línia	Secció del conductor (mm^2)	Secció dels conductors de protecció (mm^2)
L1	10	10
L2	4	4
L3	1,5	1,5

Taula 2.52. Secció dels conductors de protecció.

2.1.9. Càlcul de la sobrecarrega suportada per la coberta

La coberta i els seus suports, han estat dissenyats per suportar càrregues pròpies de les tasques de manteniment, no pas per fer-hi instal·lacions. És necessari avaluar si la sobrecàrrega que significarà la instal·lació del camp solar podrà ésser suportada per les actuals estructures o caldria reforçar-les.

Al codi tècnic de l'edificació s'estableixen les sobrecàrregues màximes per ús que pot resistir un local. A la Taula 2.53 es mostren els valor de sobrecàrrega per ús segons l'element resistent.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Taula 2.53. Sobrecarregues per ús.

En aquest cas, la sobrecarrega màxima, considerant que la coberta d'estudi es transitable i accessible solament de manera privada, és de, 1 kN/m² per a carregues uniformes i de 2 kN/m² per a carregues concentrades.

La sobrecàrrega aplicada sobre coberta per la instal·lació fotovoltaica vindrà donada per:

$$Q_t = Q_p + Q_v$$

Eq. 2.40

on: Q_t és la sobrecàrrega total (kN/m²).

Q_p és la sobrecàrrega deguda al pes dels mòduls i de l'estructura (kN/m²).

Q_v és la sobrecàrrega deguda a l'acció del vent (kN/m²).

La massa de cada panell és de 15,4 kg, el nombre de panells és de 30, per tant, el pes degut als panells és de 4532,22 N. La massa de cada suport dels panells és de 3kg, el nombre de suports total és de 60, el pes degut als suports és de 1765,80 N. La sobrecàrrega deguda a altres elements com són el cablejat, cargols de subjecció i caixes de connexió, es considera un 10% del total. Finalment la sobrecàrrega deguda al pes total de la instal·lació serà de 6927,82 N. Degut a la distribució uniforme de la instal·lació, es considera que la sobrecarrega s'aplica uniformement per tota la coberta, tenint en compte que la superfície de la coberta és de 67,28 m², la sobrecarrega per unitat de superfície serà de 0,10 kN/m².

La sobrecàrrega deguda a l'acció del vent es calcula a partir de l'equació següent:

$$Q_v = \frac{q_b \cdot c_e \cdot \sin^2 \beta}{A} \cdot a \cdot N$$

Eq. 2.41

on: q_b és pressió dinàmica del vent (kN/m^2).

c_e és el coeficient d'exposició, variable amb l'alçada del punt considerat.

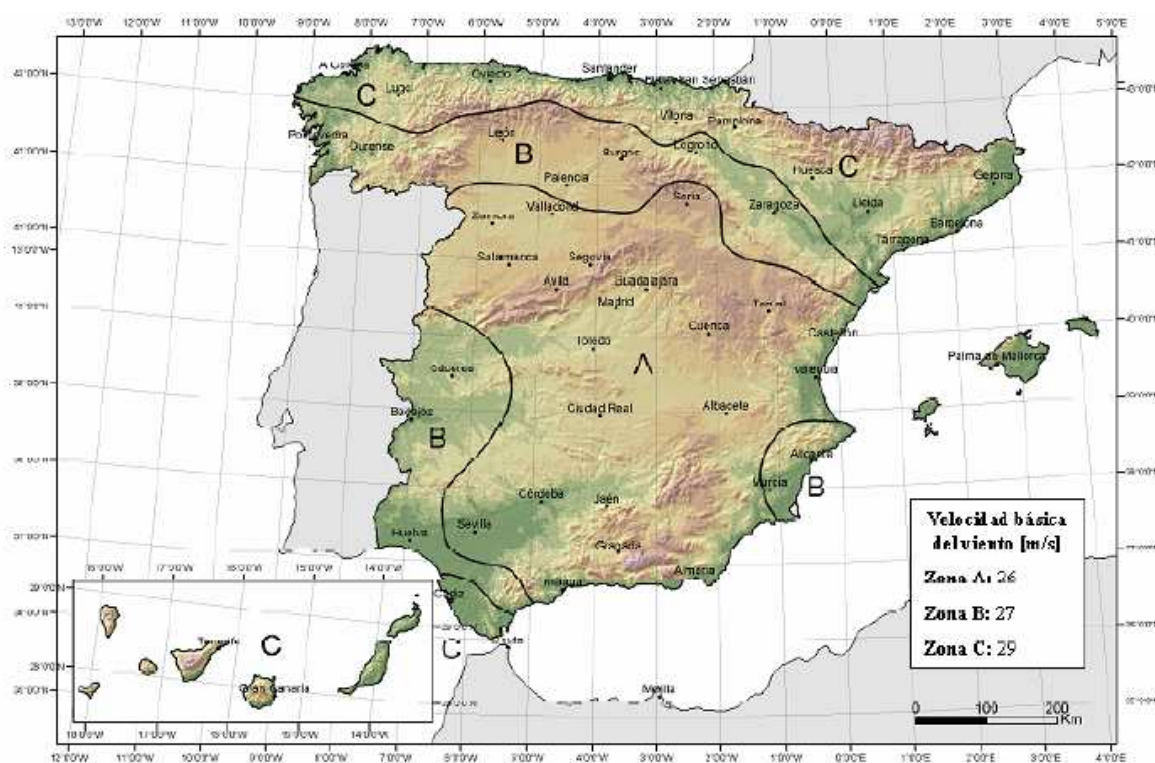
β és la inclinació de la superfície captadora calculada a l'apartat 2.1.

a és la superfície de cada panell.

N és el nombre de panells.

A és la superfície de la coberta.

El valor de la pressió dinàmica s'obté de la Taula 2.54. La ciutat de Lleida es troba situada a la zona C que li correspon una pressió dinàmica de $0,52 \text{ kN/m}^2$.



Taula 2.54. Pressió dinàmica del vent.

El coeficient d'exposició s'extreu de la Taula 2.55. Per a un terreny rural, pla, sense obstacles ni arbres d'importància tipus II i una alçada del punt considerat de 3 m que es l'alçada en que es troba la instal·lació correspon un valor de 2,1.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Taula 2.55. Coeficient eòlic de sobrecarrega.

Com que la inclinació dels panells és de 36° i la superfície de cada panell és de $1,26 \text{ m}^2$, el resultat d'aplicar l'Eq. 2.41 és de $0,21 \text{ kN/m}^2$.

El resultat d'aplicar les equacions anteriors dona que la sobrecarrega sobre la coberta deguda al pes de la instal·lació és de **$0,31 \text{ kN/m}^2$** , valor inferior a la màxima carrega admissible per la coberta que és de 1 kN/m^2 . Per tant es considera que la coberta suportarà la sobrecarrega deguda al pes de la instal·lació.

2.2. Estudi econòmic i mediambiental

En aquest apartat del projecte es vol determinar quina de les dues opcions estudiades a l'apartat 1.7.5, instal·lar 24 o 30 panells, és més rentable des del punt de vista econòmic.

Els elements que intervenen en el càlcul de la rendibilitat són els que es presenten a continuació:

- Inversió: Totalitat del cost de la instal·lació.
- Subvencions a la inversió: En aquest cas s'han considerat nul·les a efectes d'estudiar el període de recuperació de la inversió més desfavorable.
- Facturació anual: Quantitat de diners cobrada anualment en concepte de venda d'energia elèctrica d'origen solar.
- Costos de manteniment: Despeses anuals degudes a la gestió i explotació de la instal·lació fotovoltaica.

2.2.1. Facturació anual

Tal i com s'ha descrit a l'apartat 1.7, la producció d'energia elèctrica tan sols es pot beneficiar del Reial Decret 436/2004 el qual estableix "la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica amb règim especial".

Concretament, a l'Article 2.- *Àmbit d'aplicació*, apartat b), es tipifiquen les instal·lacions solars fotovoltaïques subjectes a aquest règim:

b) Categoría b): instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa, o cualquier tipo de biocarburante, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario.

1.º Grupo b.1 Instalaciones que utilicen como energía primaria la energía solar. Dicho grupo se divide en dos subgrupos:

Subgrupo b.1.1 Instalaciones que únicamente utilicen como energía primaria la solar fotovoltaica.

Figura 2.6. Article 2 del Reial Decret 436/2004

L'Article 22, del mateix Reial Decret a l'apartat 1, especifica els dos règims als quals es poden adherir els productors per a la venda d'energia elèctrica. Per a instal·lacions d'aquest tipus s'opta per l'opció, venda de l'energia elèctrica a l'empresa distribuïdora mitjançant una tarifa regulada, única per a tots els períodes de programació.

Artículo 22. Mecanismos de retribución de la energía eléctrica producida en régimen especial.

1. Para vender su producción o excedentes de energía eléctrica, los titulares de instalaciones a los que resulte de aplicación este real decreto deberán elegir entre una de las dos opciones siguientes:

a) Ceder la electricidad a la empresa distribuidora de energía eléctrica. En este caso, el precio de venta de la electricidad vendrá expresado en forma de tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, expresada en céntimos de euro por kilowatio-hora.

b) Vender la electricidad libremente en el mercado, a través del sistema de ofertas gestionado por el operador de mercado, del sistema de contratación bilateral o a plazo o de una combinación de todos ellos. En este caso, el precio de venta de la electricidad será el precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación, complementado por un incentivo y, en su caso, por una prima, ambos expresados en céntimos de euro por kilowatio-hora.

Figura 2.7. Article 22 del Reial Decret 436/2004

A l'Article 33, del mateix Reial Decret s'estableixen les tarifes, primes i incentius per a instal·lacions de la categoria v), grup b.1: energia solar:

Artículo 33. Tarifas, primas e incentivos para instalaciones de la categoría b), grupo b.1: energía solar.

1. Instalaciones de energía solar fotovoltaica del subgrupo b.1.1 de no más de 100 kW de potencia instalada:

Tarifa: 575 por ciento durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 460 por ciento a partir de entonces.

Figura 2.8. Article 33 del Reial Decret 436/2004

Per al 2006 la tarifa de referència és de 7,6588 c€/kWh, tal i com estableix el Reial Decret 1556/2005 del 23 de desembre, per tant, per als 25 primers anys d'operació de la instal·lació la tarifa de venda de l'energia produïda serà de 44,0381 c€/kWh. D'aquesta manera amb els valors obtinguts a l'apartat 2.1.5, els ingressos anuals generats pel camp solar seran els que es recullen a Taula 2.56 per a cada una de les dos alternatives de disseny.

	Energia venuda (kWh)	Ingressos venda (€)
24 panells	6.619,45	2.915,08
30 panells	7.945,11	3.498,87

Taula 2.56. Ingressos per la venda d'energia.

2.2.2. Inversió

A les Taules 2.37 i 2.38 es presenta un pressupost orientatiu dels costos de cada una de les dues configuracions estudiades, per tal de determinar la inversió inicial. Les dades estimatives s'han obtingut de l'Associació de la Indústria Fotovoltaica i de les empreses subministradores instal·ladors.

Els resultat de la configuració de 24 panells es mostren en la Taula 2.57.

	Preu sense IVA (€)	Quantitat	Total (€)
Panells	710,00	24	17.040
Estructura i suport	40,00	24	960,00
Inversor	2.979,31	1	2979,31
Proteccions + comptador + monitorització	790,00	1	930,00
Cablejat i varis	707,59	1	707,59
Muntatge i posada en marxa	1.450,00	1	1.450,00
B. industrial (16%)	1.435,61	1	1.435,61
Cost total projecte sense IVA			25.362,51
16% IVA			4.058,00
Cost total del projecte IVA inclòs.			29.420,51
Cost unitari per W_p instal·lat (€/W_p)			6,81

Taula 2.57. Pressupost estimatiu de l'opció 1.

Els resultat de la configuració de 30 panells es mostren en la Taula 2.58.

	Preu sense IVA (€)	Quantitat	Total (€)
Panells	710,00	30	21.300,00
Estructura i suport	40,00	30	1.200,00
Inversor	3.569,83	1	3.569,83
Proteccions + comptador + monitorització	790,00	1	790,00
Cablejat i varis	884,48	1	884,48
Muntatge i posada en marxa	1.450,00	1	1.450,00
B. industrial (16%)	1.751,66	1	1.708,80
Cost total projecte sense IVA			30.945,97
16% IVA			4.951,36
Cost total del projecte			35.897,32
Cost unitari per W_p instal·lat (€/W_p)			6,65

Taula 2.58. Pressupost estimatiu de l'opció 2.

Si s'analitzen els costos de cada una de les instal·lacions el preu per Watt instal·lat és lleugerament superior a l'alternativa de 24 panells, ja que els preus del muntatge i posada en marxa són iguals per a cada una de les alternatives i els costos de monitorització i els comptadors no varien gaire.

2.2.3. Costos de manteniment

En una instal·lació d'aquest tipus les despeses de manteniment no són gaire nombroses degut a la inexistència d'elements mecànics, que els panells estiguin construïts per suportar la intempèrie durant 25 anys, i les mesures de protecció que s'hi instal·len. Tot i això cal preveure alguna actuació anual per netejar les plaques a fi de mantenir l'eficiència energètica, i de revisió dels diferents elements com a mesura preventiva. Si, a més, s'hi instal·len sistemes de monitorització es podrà seguir el funcionament del camp i només actuar-hi en cas de que es posi de manifest algun problema.

Les empreses instal·ladores de camps solars ofereixen contractes de manteniment i gestió de les instal·lacions, per a instal·lacions de menys de 5,4 kW, el cost anual aproximat és de 250 €. En aquest preu no s'hi inclouen les peces que pugués ser necessari canviar degut a les incidències. Aquest cost es fix i no depèn de la potència instal·lada.

A més, a més, a les despeses anuals s'ha d'incloure les despeses degudes a l'assegurança anual. Les principals causes de danys materials són els robatoris, incendis, tempestes, pedregades,... Els bens assegurats són els mòduls fotovoltaics, bastidors i components de medicació, control i regulació. L'assegurança anual representa un 0,3% de la inversió. Per a cada alternativa les despeses del primer any degudes a l'assegurança es mostren a la Taula 2.59.

	Inversió	Assegurança primer any
Alternativa 24 panells	29.817,80 €	89,45 €
Alternativa 30 panells	36.678,97€	110,04 €

Taula 2.59. Cost de l'assegurança del primer any.

2.2.4. Balanç econòmic i valoració de la rendibilitat

L'anàlisi dels aspectes economico-financers d'un sistema solar fotovoltaic és relativament complex. Cada instal·lació té que ser avaluada per separat, tenint en compte tots els factors que influeixen. El següent apartat s'analitza cada una de les alternatives estudiades.

Les instal·lacions fotovoltaïques tenen aproximadament una vida útil de 25 anys, a partir de llavors el rendiment disminueix en un 60% degut al desgast dels equips i deixen de ser rentables, ja que les retribucions per l'energia venuda també disminueixen. Tot i això els proveïdors garanteixen una vida útil dels seus equips de 30 anys. En el cas del present projecte, per tal de comparar cada una de les dues alternatives estudiades, 24 o 30 panells, es considera una vida útil de 25 anys.

Per analitzar la rendibilitat de cada inversió cal tenir en compte l'augment de les tarifes. El valors utilitzats per estimar l'evolució dels preus s'han extret de IDAE. Per al present projecte s'han estimat que l'augment anual del preu de l'energia és de l'1,4%, l'augment de les despeses de manteniment és de l'1%

i l'augment de l'assegurança és de l'1%. A continuació, es presenta un balanç econòmic (Taula 2.60 i Taula 2.61) per als 25 primer anys de cadascuna de les alternatives.

Alternativa de 24 panells (Unitats en €)					
Any	Inversió	Venda d'energia	Assegurança	Despeses de ges. i man.	Ingresos-despeses
0	29.420,51				-29.420,51
1		2.915,08	88,26	250,00	2.576,82
2		2.955,89	89,14	252,50	2.614,25
3		2.997,28	90,04	255,03	2.652,21
4		3.039,24	90,94	257,58	2.690,73
5		3.081,79	91,85	260,15	2.729,79
6		3.124,93	92,76	262,75	2.769,42
7		3.168,68	93,69	265,38	2.809,61
8		3.213,04	94,63	268,03	2.850,38
9		3.258,02	95,57	270,71	2.891,74
10		3.303,64	96,53	273,42	2.933,69
11		3.349,89	97,50	276,16	2.976,24
12		3.396,79	98,47	278,92	3.019,40
13		3.444,34	99,46	281,71	3.063,18
14		3.492,56	100,45	284,52	3.107,59
15		3.541,46	101,45	287,37	3.152,64
16		3.591,04	102,47	290,24	3.198,33
17		3.641,31	103,49	293,14	3.244,67
18		3.692,29	104,53	296,08	3.291,69
19		3.743,98	105,57	299,04	3.339,37
20		3.796,40	106,63	302,03	3.387,74
21		3.849,55	107,70	305,05	3.436,81
22		3.903,44	108,77	308,10	3.486,57
23		3.958,09	109,86	311,18	3.537,05
24		4.013,50	110,96	314,29	3.588,25
25		4.069,69	112,07	317,43	3.640,19
Total		86.541,93	2.492,79	7.060,80	76.988,34

Taula 2.60. Balanç econòmic opció 24 panells.

Alternativa de 30 panells (Unitats en €)					
Any	Inversió	Venda d'energia	Assegurança	Despeses de ges. i man.	Ingresos-despeses
0	35.897,32				-35.897,32
1		3.498,87	107,69	250,00	3.241,18
2		3.547,86	108,77	252,50	3.287,59
3		3.597,53	109,86	255,03	3.334,66
4		3.647,89	110,96	257,58	3.382,39
5		3.698,96	112,06	260,15	3.430,81
6		3.750,75	113,19	262,75	3.479,91
7		3.803,26	114,32	265,38	3.529,72
8		3.856,51	115,46	268,03	3.580,23
9		3.910,50	116,61	270,71	3.631,45
10		3.965,24	117,78	273,42	3.683,41
11		4.020,76	118,96	276,16	3.736,11
12		4.077,05	120,15	278,92	3.789,55
13		4.134,13	121,35	281,71	3.843,75
14		4.192,00	122,56	284,52	3.898,73
15		4.250,69	123,79	287,37	3.954,48
16		4.310,20	125,03	290,24	4.011,03
17		4.370,55	126,28	293,14	4.068,38
18		4.431,73	127,54	296,08	4.126,55
19		4.493,78	128,82	299,04	4.185,54
20		4.556,69	130,10	302,03	4.245,37
21		4.620,48	131,40	305,05	4.306,05
22		4.685,17	132,72	308,10	4.367,59
23		4.750,76	134,05	311,18	4.430,01
24		4.817,27	135,39	314,29	4.493,31
25		4.884,72	136,74	317,43	4.557,51
Total		103.873,36	3.041,57	7.060,80	96.595,32

Taula 2.61. Balanç econòmic opció 30 panells.

En la Taula 2.62 es mostra per a cada una de les dos alternatives de disseny, el període de retorn de la inversió de la instal·lació fotovoltaica.

Any	Benefici	
	24 panells	30 panells
0	-29.420,51	-35.897,32
1	-26.843,69	-32.656,14
2	-24.229,44	-29.368,55
3	-21.577,23	-26.033,89
4	-18.886,50	-22.651,50
5	-16.156,71	-19.220,69
6	-13.387,30	-15.740,78
7	-10.577,69	-12.211,06
8	-7.727,31	-8.630,84
9	-4.835,57	-4.999,38
10	-1.901,89	-1.315,97
11	1.074,35	2.420,13
12	4.093,75	6.209,68
13	7.156,93	10.053,43
14	10.264,52	13.952,16
15	13.417,15	17.906,64
16	16.615,48	21.917,67
17	19.860,15	25.986,06
18	23.151,84	30.112,60
19	26.491,21	34.298,14
20	29.878,96	38.543,51
21	33.315,76	42.849,56
22	36.802,33	47.217,16
23	40.339,38	51.647,17
24	43.927,64	56.140,48
25	47.567,83	60.697,99

Taula 2.62. Càlcul del període de retorn per a cada alternativa (Valors en €).

Segons els resultats obtinguts es conclou que el període de retorn de les dues alternatives no supera els 11 anys.

Per analitzar la rendibilitat de cada inversió es calcula, a partir dels beneficis nets generats, la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR). Es considera 1% de taxa de descompte.

Nombre de panells camp solar	24	30
TIR a 10 anys	-1,17%	-0,66%
TIR a 15 anys	4,92%	5,34%
TIR a 20 anys	7,42%	7,78%
TIR a 25 anys	8,62%	8,95%

Taula 2.63. Taxa interna de rendibilitat per a cada alternativa.

Els dos projectes són acceptables al ser el $TIR > \text{Taxa de descompte}$. Tot i això la rendibilitat és més elevada per a la instal·lació de 30 panells.

2.2.5. Estalvi en les emissions de diòxid de carboni

Quan es cremen combustibles fòssils, es produeix una reacció química que desprèn diòxid de carboni, aquest va a l'atmosfera i provoca el conegut efecte hivernacle, amb les conseqüències que això comporta, la més important és l'escalfament global del planeta.

L'energia solar, com a energia renovable que és, no aprofita un recurs limitat i contaminant com els combustibles fòssils, sinó que es nodreix exclusivament de la radiació electromagnètica que envia el Sol cap a la Terra. És per això que mitjançant la reducció en la utilització de combustibles fòssils i l'augment en la producció d'energia solar, s'evita que una certa quantitat de diòxid de carboni s'emeti a l'atmosfera cada any.

Segons les dades del "Plan de Fomento de Energías Renovables" (PFER), Annex 1, cada kWh produït amb carbó produeix unes emissions de 977 g de CO_2 , i si és amb gas natural amb cicles combinats, 394 g de CO_2 per kWh generat. La producció elèctrica nacional inclou tecnologies poc contaminants en gasos d'efecte hivernacle (nuclear i hidràulica) amb el que el kWh produït ha Espanya causa unes emissions mitges de 400 g de CO_2 .

Per estimar els kg de diòxid de carboni que s'estalvien mitjançant energia solar cal saber quanta energia elèctrica produeix la instal·lació, en el present projecte l'energia produïda per cada una de les alternatives és de 6619,45 kWh/any per a l'opció de 24 panells i de 7945,11 kWh/any per a l'opció de 30 panells. Considerant que per cada kWh produït s'estalvien 400 g de CO_2 les reduccions en emissions de CO_2 per a cada una de les alternatives es mostren a la Taula 2.64.

Alternativa	24 panells	30 panells
1 any	2.647,78 kg	3.178,04 kg
25 anys	66.194,50 kg	79.451,10 kg

Taula 2.64. Reducció en les emissions de CO_2 per a cada alternativa.

Segons els resultats obtinguts l'alternativa 2, contribueix en la reducció de les emissions de CO_2 en 530,26 kg/any més que l'alternativa 1. Al cap de 25 anys, que és el temps de vida esperat per la instal·lació, la deferència serà de 13,25 t de CO_2 . Per tant, l'alternativa de 30 panells contribueix un 25% més en la reducció d'emissions de CO_2 .

2.3. Seguretat i salut

El Reial Decret 1627/97, de 24 d'octubre de 1997, estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció. Aquesta directiva es fonamenta en que la integració de la seguretat i salut abans i durant el procés constructiu, requereix ser planificada en la fase de projecte i execució, ja que molts accidents estan produïts per una falta de planificació ja en la fase de projecte. Per tant, l'objectiu d'aquest apartat és determinar les mesures preventives i els elements de protecció per tal d'evitar els riscos laborals durant l'execució de l'obra.

2.3.1. Prevenció de riscos en l'obra

2.3.1.1. *Mesures preventives*

Per la obra les mesures preventives que s'imposen són les següents:

- Normativa de prevenció dirigida i lliurada als operaris de les màquines i eines per a la seva aplicació en tot el seu funcionament.
- Cuidar del compliment de la normativa vigent en la manipulació de màquines i eines, moviment de materials i càrregues i utilització dels mitjans auxiliars.
- Mantenir els mitjans auxiliars i les eines en bon estat de conservació.
- Disposició i ordenament del tràfic de vehicles, voreres i passos per als treballadors.
- Senyalització de l'obra en la seva generalitat i d'acord amb la normativa vigent. Protecció de buits, en general, per a evitar caigudes d'objectes.
- Proteccions de façanes, evitant la caiguda d'objectes o persones.
- Assegurar l'entrada i sortida de materials de forma organitzada i coordinada amb els treballs de l'obra.
- Ordre i neteja en tota l'obra.
- Delimitació de les zones de treball i tancat si és necessària la prevenció.
- Mesures específiques.

2.3.1.2.Mesures preventives

Les proteccions col·lectives necessàries s'estudiaran sobre els plànols d'edificació i s'adequaran a les necessitats dels treballadors.

Les proteccions previstes són:

- Senyals varis en l'obra d'indicació de perill.
- Senyals normalitzats per al transit de vehicles.
- Tanca d'obra delimitant i protegint el centre de treball.
- Plataforma de fusta cobrint l'espai entre l'edifici i les instal·lacions del personal.
- Comprovació que totes les màquines i eines disposen de les seves proteccions col·lectives d'acord amb la normativa vigent.

2.3.1.3.Proteccions individuals.

Tots els treballadors que es trobin a l'obra hauran d'utilitzar aquestes proteccions individuals, ja que el seu ús redueix la gravetat de les lesions que es produeixen en cas d'accident. De manera que quan es realitza alguna activitat que requereix protecció individual el seu ús serà obligatori, sent responsabilitat del director de l'obra, vetllar pel compliment d'aquesta obligació per part dels treballadors.

Les proteccions individuals que hauran d'utilitzar en l'execució del projecte s'especifiquen a continuació:

- Cascos: per a totes les persones que participen a l'obra.
- Guants d'ús general.
- Guants de goma.
- Guants de soldador.
- Guants dielèctrics.
- Botes d'aigua.
- Botes dielèctriques.
- Mono de treball.
- Ulleres contra impacte i antipols.
- Extintors d'incendis.

Totes els elements de protecció personal o elements de protecció col·lectiva tindran fixat un període de vida útil. Els elements d'ús individual com botes de seguretat, mono de treball, es canviaran cada 6 mesos.

Quan per les circumstàncies de treball es produeixi un desgast més ràpid en una determinat element o equip, aquest es canviarà immediatament.

Els treballadors hauran d'utilitzar, les proteccions personals i si no les utilitzen quan sigui necessari, se'ls podrà sancionar per incompliment d'una obligació laboral.

2.3.1.4. Servei de prevenció

El contractista haurà de contar amb els serveis d'un tècnic superior amb seguretat i higiene laboral, que realitzi un pla de prevenció de riscos laborals, podent o no aquest tècnic pertànyer a l'empresa contractista.

Es realitzarà periòdicament per part del tècnic superior amb seguretat e higiene laboral, una inspecció per comprovar el compliment del pla de prevenció de riscos laborals.

Aquest inspector sancionarà a tot el personal que incompleixi el pla de prevenció de riscos laborals, i també al director de l'obra que es el responsable del compliment d'aquest pla, en l'obra.

2.3.1.5. Formació

El tècnic superior amb seguretat e higiene laboral realitzarà una explicació per a tot el personal que vagi a treballar a l'obra, amb anterioritat al començament de l'obra. A on se'ls explicarà els mètodes de treball i els riscos que es poden donar, juntament amb les mesures de seguretat que hauran de complir i els equips de protecció individual que hauran d'utilitzar. També se'ls informarà sobre el socorrisme i els primers auxilis, de manera que les diferents fases de l'obra disposin d'una persona amb els coneixements de primer auxilis.

En tot moment els treballadors hauran de conèixer la ubicació de les farmacioles de primers auxilis que hauran d'estar a l'obra, coneixent a més, a més, el servei sanitari més a prop del lloc on es desenvolupa l'obra. La farmaciola haurà de tenir tots els elements necessaris per a un primer auxili.

2.3.1.6.Reconeixement mèdic

El contractista haurà de tenir un contracte amb una mútua de treball, per realitzar els reconeixements mèdics als treballadors, periòdicament per detectar qualsevol malaltia professional o qualsevol malaltia comú amb la que no es convenient que els treballador segueixi treballant, amb risc per la seva salut.

2.3.2. Seguretat en la instal·lació fotovoltaica

La corrent elèctrica provoca en l'organisme humà, alteracions més o menys greus segons la seva intensitat, durada, freqüència i adreça de passada.

És obvi que, perquè el corrent elèctric passi per l'organisme humà ha d'existir un contacte entre aquest i un element conductor. Aquest contacte pot ser directe o indirecte.

Prevenició contra contactes directes

Es defineix com contacte directe, el produït amb elements actius normalment sota tensió.

Per a la seva prevenició es poden prendre les següents mesures:

- Sistemes diferencials

Els sistemes diferencials basen la seva actuació en la diferència residual dels corrents que convergeixen en un aparell amb defecte a terra. Si existeix una fallada a terra, el corrent no es tanca per la resta del circuit i crea una diferència entre els corrents que arriben al consum, i els quals retornen.

Els sistemes diferencials són sensibles a aquesta diferència, disparant en cas de fallada a terra. En el cas que es tracta, el corrent total de terra és el que travessa el cos humà, pel que no s'aconsella la instal·lació d'interruptors diferencials amb sensibilitat major de 30 mA.

En general, és un mètode eficaç, tant per a prevenir contactes directes com indirectes. No obstant això, aquest sistema no actua en les següents circumstàncies:

- Quan la distribució es realitza en corrent continu. No existeix en aquest cas corrent d'inducció que accioni l'interruptor diferencial.
 - Contacte fase-neutre estant la persona aïllada de terra. En aquestes condicions el cos humà passa a ser un consum més de la instal·lació, pel que l'interruptor diferencial no actua. Si la persona no està aïllada de terra, part del corrent es tanca per el terra, pel que l'interruptor diferencial pogués disparar si es supera 5 vegades el llindar d'actuació.
 - Si un conductor està en contacte amb una massa metàl·lica, i una persona aïllada de terra, toca simultàniament la massa metàl·lica i una carcassa aïllada amb defecte a terra, es travessat per un perillós corrent sense que intervingui l'interruptor diferencial. EN aquestes circumstàncies, la persona és un consum més, anàlogament al segon cas.
 - En contacte d'una persona amb una fase, o amb el neutre, estant el camp solar i inversor aïllat de terra. En aquest cas no existeix risc per a les persones al no poder circular el corrent.
- Separació per distància

La separació per distància s'aconsegueix mitjançant l'allunyament de les parts actives de les zones pròximes o pas, de manera que sigui impossible el contacte accidental amb qualsevol part del cos, per manipulació d'elements conductors prop de la instal·lació.

Generalment es consideren zones assolibles amb les mans. Aquesta mesura està especialment indicada per als llocs que poden existir conductors nus o falta d'aïllament, com sales de bateries i camp solar amb tensions perilloses.

- Interposició d'obstacles

S'entén per interposició d'obstacles, la col·locació d'elements rígids que generalment contenen en el seu interior al conductor, i estant disposats directament sobre ell. Amb això es tendeix a evitar tot contacte accidental amb parts i tensió.

- Recobriments

S'entén per recobriments l'aplicació de material aïllant directament sobre els conductors, o parts susceptibles de quedar en tensió incloent eines i conductors. Els conductors també poden anar sota tub per a evitar les accions anteriors si s'estimés oportú. Cal tenir en compte que en instal·lacions flotants, i especialment les de corrent continu, és molt important evitar fallades d'aïllament que poden ser degudes a un mal recobriments.

Prevenició contra contactes indirectes

Es defineix com contacte indirecte aquell que s'efectua amb les parts dels materials elèctrics que no estan sota tensió en servei normal, però que poden estar-ho en cas de defecte.

Per la seva prevenició es poden prendre les següents mesures:

- Separació de circuits

També s'anomena separació galvànica, consisteix a separar el circuit d'utilització del circuit d'alimentació. S'ha d'utilitzar un transformador amb bobinatges separats i degudament aïllats.

En la pràctica aquesta mesura es limita gairebé sempre a la protecció d'una sola màquina, i que en instal·lacions fotovoltaïques es recomana als inversors per a separar el circuit de corrent continu, i el de corrent altern.

- Inaccessibilitat simultània de parts en tensió i massa.

Aquest sistema de protecció consisteix a disposar les masses i els elements conductors de tal manera que no sigui possible tocar simultàniament i involuntàriament una massa, i un element conductor.

És molt útil en l'ús de materials elèctrics de seguretat, tal com preses de corrent amb interruptor i fusibles.

2.4. Catàlegs de components

Els catàlegs de components de la instal·lació projectada s'han inclòs al CD que s'adjunta a aquest document. A continuació es llisten els catàlegs inclosos:

- Mòdul fotovoltaic BP 7180
- Inversor SolarMax 6000C
- Equip de control i diagnòstic SolarMax Maxcomm
- Comptador Kamstrup monofàsic 162
- Catàleg de components elèctrics Legrand

2.5. Taules i diagrames

En aquest capítol es mostren les taules i diagrames extrets de diferents fonts que s'han emprat en els càlculs i en altres capítols del present projecte.

2.5.1. Informació emprada en el càlcul de l'energia solar

- Radiació sobre una superfície horitzontal i índex de nuvolositat a la ciutat de Lleida, segons “Producció de l'energia tèrmica” de L. Cabeza (Figura 2.9).

Huelva ($\phi = 37.25$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	7572	11853	15798	20796	24036	25632	26996	24840	20612	13088	8670	6384
\bar{K}_T	0.46	0.54	0.55	0.59	0.61	0.62	0.67	0.67	0.66	0.54	0.48	0.44
Huesca ($\phi = 42.15$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	6434	11472	14994	17614	20606	22330	23694	20734	15420	11370	6772	4966
\bar{K}_T	0.47	0.59	0.57	0.52	0.53	0.54	0.59	0.57	0.52	0.52	0.44	0.41
Jaén ($\phi = 37.77$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	62070	9906	14671	18057	20189	24411	26835	24235	19649	11620	7774	6311
\bar{K}_T	0.38	0.45	0.52	0.51	0.51	0.51	0.66	0.65	0.63	0.48	0.43	0.42
León ($\phi = 42.58$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	5300	10726	13652	17314	19144	23574	24820	21668	15406	10630	6972	4216
\bar{K}_T	0.42	0.56	0.52	0.51	0.49	0.57	0.61	0.60	0.53	0.49	0.44	0.35
Lleida ($\phi = 41.62$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	6078	12168	15592	19226	21954	24262	24633	21340	16740	11960	6302	4006
\bar{K}_T	0.44	0.62	0.58	0.56	0.53	0.58	0.61	0.59	0.57	0.51	0.40	0.32
Logroño ($\phi = 42.45$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	5986	9630	13606	18254	21228	23572	25224	21396	16538	11808	6740	5024
\bar{K}_T	0.45	0.50	0.52	0.54	0.54	0.57	0.62	0.59	0.56	0.54	0.45	0.42
Lugo ($\phi = 43.10$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	3868	7238	8590	13566	13836	16734	17034	15242	11302	9146	5342	3156
\bar{K}_T	0.30	0.39	0.33	0.40	0.35	0.40	0.42	0.42	0.39	0.43	0.36	0.27
Madrid ($\phi = 40.42$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ/m ² -dia)	6362	9798	14150	19552	21184	23530	25874	22986	16118	10762	7326	6263
\bar{K}_T	0.43	0.48	0.52	0.57	0.54	0.57	0.64	0.63	0.54	0.47	0.45	0.47

Figura 2.9. Radiació solar sobre una superfície horitzontal i índex de nuvolositat.

2.5.2. Informació emprada per a realitzar el pressupost estimatiu.

- Informe de l'associació de la indústria fotovoltaica sobre els costos de les instal·lacions fotovoltaiques i els preus dels components (Figura 2.10).

Para las instalaciones conectadas a red estándar, (no incluye seguidores, la integración en edificios o tejados, ni las instalaciones especiales) el precio del sistema excluyendo IVA, (el coste que tiene que soportar el titular de la instalación), para una instalación pequeña, una de 100kW, y una central de 2 MW es:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA

EN EUROS	5 kW	100 kW	2 MW
Paneles	17.500	340.000	6.460.000
Estructura soporte y elementos mecánicos	1.791	31.208	600.000
Inversor + protecciones + contador, monit.	4.263	74.000	1.400.000
Cableado y varios	940	15.000	280.000
Montaje y p.e.m.	2.104	25.761	480.000
Ingeniería, gastos generales, administración etc. y B° industrial	6.900	114.000	2.160.000
Total (EUR)	33.500	600.000	11.400.000

Estos valores en EUR por Wp de instalación es, por tanto el siguiente:

EN EUROS	5 kW	100 kW	2 MW
Paneles	3,50	3,40	3,23
Estructura soporte y elementos mecánicos	0,36	0,31	0,30
Inversor + protecciones + contador, monit.	0,85	0,74	0,70
Cableado y varios	0,19	0,15	0,14
Montaje y p.e.m.	0,42	0,26	0,24
Ingeniería, gastos generales, administración etc. y B° industrial	1,38	1,14	1,08
Total (EUR/Wp)	6,7	6,0	5,7

En porcentaje respecto al monto total de la instalación:

EN EUROS	5 kW	100 kW	2 MW
Paneles	52,2%	56,7%	56,7%
Estructura soporte y elementos mecánicos	5,3%	5,2%	5,3%
Inversor + protecciones + contador, monit.	12,7%	12,3%	12,3%
Cableado y varios	2,8%	2,5%	2,5%
Montaje y p.e.m.	6,3%	4,3%	4,2%
Ingeniería, gastos generales, admin. etc y B° industrial	20,6%	19,0%	18,9%
Total	100%	100%	100%

conectadas-, el precio del sistema de generación sin IVA (aunque si el titular no es empresa no puede recuperarlo, al no haber una venta del kWh y por tanto una actividad empresarial). No están tampoco incluidos otros elementos que no sea el puro sistema de generación fotovoltaica, ni el coste de la distribución interior, formación del usuario, mantenimiento, etc.:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA

EN EUROS	100 Wp	1 kWp	3 kWp
Paneles	360	3.550	10.500
Estructura soporte y elementos mecánicos	65	470	1.200
Batería	280	2.100	5.220
Inversor + protecciones + monit.	200	1.400	3.300
Cableado y varios	83	600	1.200
Montaje y p.e.m.	190	1.100	2.400
Ingeniería, gastos generales, administración etc y B° Industrial	290	2.200	5.400
Total (EUR)	1.468	11.420	29.220

EN EUROS	100 Wp	1 kWp	3 kWp
Paneles	3,60	3,55	3,50
Estructura soporte y elem. mecánicos	0,65	0,47	0,40
Batería	2,80	2,10	1,74
Inversor + protecciones + monit.	2,00	1,40	1,10
Cableado y varios	0,83	0,60	0,40
Montaje y p.e.m.	1,90	1,10	0,80
Ingeniería, gastos generales, administración etc y B° industrial	2,90	2,20	1,80
Total (EUR/Wp)	14,7	11,4	9,7

EN EUROS	100 Wp	1 kWp	3 kWp
Paneles	24,5%	31,1%	35,9%
Estructura soporte y elem. mecánicos	4,4%	4,1%	4,1%
Batería	19,1%	18,4%	17,9%
Inversor + protecciones + monit.	13,6%	12,3%	11,3%
Cableado y varios	5,7%	5,3%	4,1%
Montaje y p.e.m.	12,9%	9,6%	8,2%
Ingeniería, gastos generales, administración etc. y B° industrial	19,8%	19,3%	18,5%
Total	100%	100%	100%

Figura 2.10. Informe de l'ASIF sobre els preus de les instal·lacions fotovoltaiques.

3.PLÀNOLS

Índex de Plànols

<i>Índex de Plànols</i>	135
<i>Plànol n° 1: Situació</i>	136
<i>Plànol n° 2: Emplaçament</i>	137
<i>Plànol n° 3: Vista interior</i>	138
<i>Plànol n° 4: Coberta</i>	139
<i>Plànol n° 5: Façanes nord i sud</i>	140
<i>Plànol n° 6: Façanes est i oest</i>	141
<i>Plànol n° 7: Esquema elèctric unifilar</i>	142
<i>Plànol n° 8: Vista en planta de les instal·lacions de la teulada</i>	143
<i>Plànol n° 9: Vista des de la façana sud de les instal·lacions de la teulada</i>	144
<i>Plànol n° 10: Vista de de la façana oest de les instal·lacions de la teulada</i>	145
<i>Plànol n° 11: Vista en planta de les instal·lacions interiors</i>	146
<i>Plànol n° 12: Vista en alçat de les instal·lacions interiors</i>	147

Plànol nº 1: Situació

Plànol nº 2: Emplaçament

Planol nº 3: Vista interior

Plànol nº 4: Coberta

Plànol nº 5: Façanes nord i sud

Plànol nº 6: Façanes est i oest

Plànol nº7: Esquema elèctric unifilar

Plànol nº 8: Vista en planta de les instal·lacions de la teulada

Plànol nº 9: Vista des de la façana sud de les instal·lacions de la teulada

Plànol nº 10: Vista de de la façana oest de les instal·lacions de la teulada

Plànol nº 11: Vista en planta de les instal·lacions interiors

Plànol nº 12: Vista en alçat de les instal·lacions interiors

4.PLEC DE CONDICIONS

Índex del Plec de condicions

<i>Índex del Plec de condicions.....</i>	<i>149</i>
<i>4.1. Normativa.....</i>	<i>150</i>
<i>4.1. Manteniment de la instal·lació.</i>	<i>151</i>
<i>4.1.1. Manteniment a càrrec del usuari.....</i>	<i>151</i>
<i>4.1.2. Manteniment a càrrec del servei tècnic.....</i>	<i>151</i>
<i>4.2. Fulls d'especificacions.....</i>	<i>153</i>

4.1. Normativa

Les instal·lacions projectades han de complir les normes i reglament que es descriuen a continuació, i a més a més, la reglamentació vigent en el moment de la realització de l'obra.

- “Real Decret 1663/2000”, del 29 de Setembre, sobre connexió d’instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- “UNE EN 61215: 1997 “Mòduls fotovoltaïcs (FV) de silici cristal·lí per a la aplicació terrestre, Qualificació del disseny i aprovació tipus”.
- “Llei 54/1997”, del 27 de novembre, del Sector Elèctric.
- “Real Decret 436/2004”, del 12 de Març, per el què s’estableix la metodologia per a l’actualització i sistematització del regim jurídic i econòmic de l’activitat de producció d’energia en regim especial.
- “Real Decret 1955/2000”, del 2 de Desembre, per el què es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministre i procediments d’autorització d’instal·lacions d’energia elèctrica.
- “Resolució de 31 de maig de 2001”, per el què s’estableixen com a model de contracte tipus i model de factura per a les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.
- “Real Decret 841/2002”, del 2 d’Agost, per el què es regulen les instal·lacions de producció d’energia elèctrica en regim especial
- “Real Decret 842/2002”, del 2 d’Agost, per el què s’aprova el Reglament electrotècnic per a la tensió baixa.
- “Real Decret 1433/2002”, del 27 de Desembre, per el què s’estableixen els requisits de mitja en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en Regim Especial.
- Código Técnico de la Edificación, Març del 2006.

4.1. Manteniment de la instal·lació.

Per garantir una alta productivitat de la instal·lació, és essencial reduir els períodes de parada per averia o mal funcionament. Per a això, són necessàries la supervisió del usuari del sistema i l'assistència d'un servei tècnic.

En qualsevol cas, les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa ofereixen pocs requeriments de manteniment preventiu i, en general, són poc susceptibles a successos que provoquin la intervenció d'un manteniment correctiu. Tot i això, és recomanable seguir el programa de manteniment detallat a continuació.

4.1.1. Manteniment a càrrec del usuari.

El usuari de la instal·lació hauria de dur a terme les següents tasques de manteniment:

- Supervisió general: correspon a la simple observació dels equips; això consisteix en comprovar periòdicament que tot estigui en funcionament. Per a això n'hi ha prou observant els indicadors dels inversors, ja que amb aquesta informació es comprova que el inversor rep energia del camp solar i genera corrent alterna. La verificació periòdica de les xifres d'electricitat generada, ens permetrà detectar baixades imprevistes de producció, que serien símptoma d'un mal funcionament. La producció solar final queda registrada en el comptador de venda d'electricitat que mensualment s'ha d'anotar per a l'amissió de la corresponent factura. El balanç mensual, tot i que varia al llarg de l'any, es manté al voltant d'un màxim i un mínim que s'ha de conèixer, per lo que es podrà detectar ràpidament una baixada no habitual de producció, la qual cosa indicaria, probablement, una averia (o una pertorbació periòdica de la xarxa).
- Neteja: inclou l'eliminació de herbes, rames o objectes que projectin ombres damunt de les plaques.
- Verificació visual del camp fotovoltaic: amb l'objectiu de comprovar problemes eventuais de les fixacions de l'estructura sobre l'edifici, aparició de zones oxidades, etc.

4.1.2. Manteniment a càrrec del servei tècnic.

El usuari de la instal·lació hauria d'avisar el servei tècnic quan detecti la baixada o parada total de la producció elèctrica, així com l'aparició de defectes en l'estructura de fixació del camp solar. En aquests casos, es realitzarà un manteniment correctiu, que detecti l'origen de l'averia i la repari. És igual


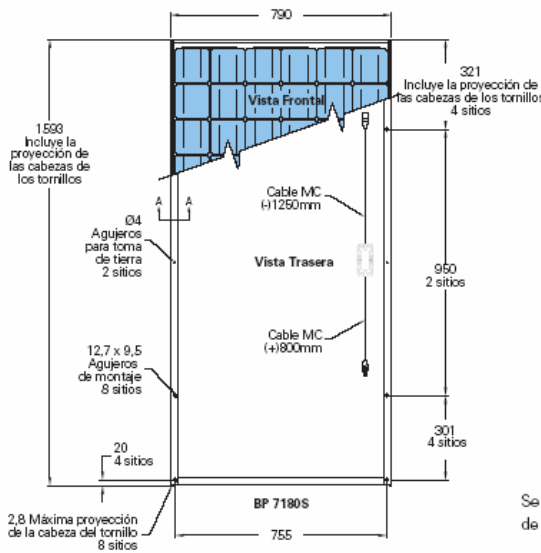
d'important, efectuar un manteniment preventiu, mitjançant revisions periòdiques, en les que, com a mínim, s'hauria d'incloure:

- Comprovació de tensió i intensitat per a cada sèrie de plaques fotovoltaïques (totes les sèries haurien de donar valors idèntics o molt similars). Es poden detectar errors en les plaques, com ara bé díodes fosos o problemes de connexions i cablejat.
- Verificació de la solidesa de l'estructura del camp solar, estat de la protecció dels suports metàl·lics, etc.
- Caracterització de la ona, freqüència i tensió de sortida en corrent altern del inversor.
- Comprovació de les proteccions, fusibles i diferencials.
- Verificació de les connexions del cablejat en la caixa de connexions.

4.2. Fulls d'especificacions

En aquest capítol del plec de condicions s'estableixen les especificacions dels material i elements constructius de l'objecte del projecte. Els elements de la instal·lació dels quals s'ha elaborat un full d'especificacions es llisten a continuació:


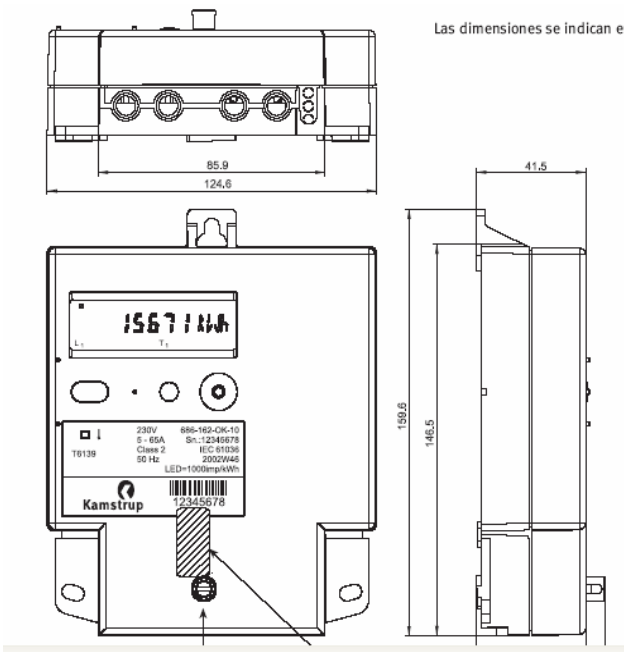
- Panell fotovoltaic
- Inversor elèctric
- Comptador elèctric
- Conductor elèctric
- Equip de control i diagnòstic
- Protecció conductors a l'aire
- Protecció conductor enterrat
- Quadre de proteccions
- Interruptor magnetotèrmic
- Interruptor general manual (ICP-M)
- Limitador de sobretensions
- Interruptor diferencial
- Interruptor manual seccionador
- Fusible
- Bases porta fusibles
- Regleta de connexió
- Estructura de suport dels panells

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Panell fotovoltaic	Data: 04-01-2007
Funció: Transformar l'energia solar en energia elèctrica		
Marca comercial: BP Solar	Model: 7180	
Dades tècniques: Potència nominal: 180 W Eficiència 14,3% Tensió nominal: 24 V Tensió màxima: 36,2 V Intensitat màxima: 5,0 A Intensitat de curtcircuit: 5,4 A Tensió de curtcircuit: 44,8 V	Esquema/Imatge: 	
Materials de construcció: Vidre frontal de 3,2 mm d'alta transmissivitat. Caixa de poliester blanc. 72 cèl·lules monocristalins.		
Dimensions:  <p>Se incluye con cada módulo: hoja de instrucciones, documento de garantía y tornillos autorroscantes de puesta a tierra.</p> <p>Todas las dimensiones en mm con una tolerancia de ± 3 mm</p>		


Taula 4.1. Full d'especificacions dels panells fotovoltaics.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Inversor elèctric	Data: 04-01-2007
Funció: Transformar el corrent continu en corrent altern.		
Marca comercial: Solarmax	Model: 6000C	
Dades tècniques: Potència nominal 5000 W Tensió màxima d'entrada: 600 VDC Intensitat màxima d'entrada 22 ADC Potència fotovoltaica màxima: 6000 W. Potència màxima de sortida: 5000 VA Eficiència màxima: 97%	Esquema/Imatge: 	
Materials de construcció: Coberta d'alumini per a interiors i exteriors.		
Dimensions: 		
Corba d'eficiència: 		


Taula 4.2. Full d'especificacions de l'inversor.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Comptador elèctric	Data: 04-01-2007
Funció: Càlcul de la producció d'energia elèctrica venuda a la companyia.		
Marca comercial: Kamestrup	Model: Monofasic 162	
Dades tècniques: Comptador de kWh de 5 a 80 A Display de fàcil lectura Lectura òptica Precisió classe II Aprovació de tipus segons IEC 61036, IEC 625052-11 i IEC 62053-21-	Esquema/Imatge: 	
Dimensions:  <p>Las dimensiones se indican en</p>		


Taula 4.3. Full d'especificacions del comptador elèctric.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Conductor elèctric	Data: 04-01-2007
Funció: Transport de l'energia elèctrica		
Marca comercial: Fabriblex	Model: 1,5 mm ² , 4 mm ² , 10 mm ² .	
Dades tècniques: Aïllament classe 5 de XPLE Coberta de PVC RV-K 0,61 KV	Esquema/Imatge: 	
Dimensions: 1,5 mm ² vermell 2 m 1,5 mm ² negre 2 m 1,5 mm ² verd 2 m 4 mm ² vermell 10 m 4 mm ² negre 10 m 4 mm ² verd 10 m 10 mm ² blau 15 m 10 mm ² marró 15 m 10 mm ² verd 15 m		
Material: Coure		

Taula 4.4. Full d'especificacions dels conductors elèctrics.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Equip de control i diagnòstic	Data: 04-01-2007
Funció: Enregistrament de la producció d'energia elèctric		
Marca comercial: Solarmax	Model: Maxcomm	
Dades tècniques: Muntatge: Paret Tipus de protecció: IP 20 Temperatura de l'entorn: 0°C...40°C Tensió d'entrada: 15 Vdc Dimensions: 177 mm x 102 mm x 52 mm	Esquema/Imatge: 	


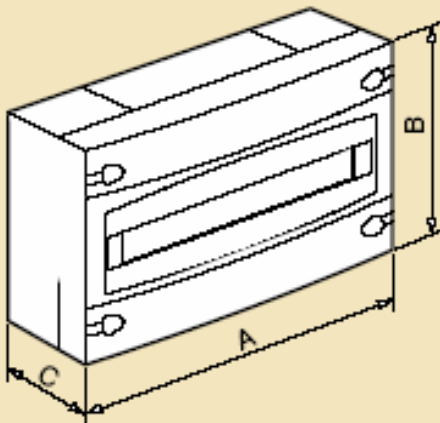












Taula 4.5. Full d'especificacions de l'equip de control i diagnòstic.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Protecció conductors a l'aire.	Data: 04-01-2007
Funció: Protecció dels conductor elèctrics		
Marca comercial: Aiscan	Model: RHF . Ø 16 mm	
Dades tècniques: Resistència a la compressió: 1250 N Temperatura mín.i màx. d'utilització: -5 + 90°C Resistència d'aïllament: >100 M=hm. Protecció: IP 54 No propagador de la flama Color : GRIS RAL.7035	Esquema/Imatge: 	


Taula 4.6. Full d'especificacions de l'estructura de suport.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Protecció conductor enterrat.	Data: 04-01-2007
Funció: Protecció dels conductor electric		
Marca comercial: Aiscan	Model: Acoplast . Ø 63 mm	
Dades tècniques: Resistència a la compressió: 320 N Temperatura mín.i màx. d'utilització: -5 + 90°C Resistència d'aïllament: >100 M=hm. Protecció: IP 54 No propagador de la flama Color : GRIS RAL.7035	Esquema/Imatge: 	


Taula 4.7. Full d'especificacions protecció conductor enterrat.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Quadre de proteccions	Data: 04-01-2007																				
Funció: Emmagatzemar els elements de protecció.																						
Marca comercial: Legrand	Model: 6070 52.																					
Dades tècniques: Protecció: IP 54-9 Material: Políester amb fibra de vidre autoextingible. Color: RAL 9010. Portes de xapa d'acer d'1 mm de gruix. 2 files de 18 mòduls.	Esquema/Imatge: 																					
Dimensions: <div><div>Cotas </div><table><tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td></td><td>425</td><td>310</td><td>117</td></tr><tr><td></td><td>425</td><td>460</td><td>117</td></tr><tr><td></td><td>425</td><td>610</td><td>117</td></tr><tr><td></td><td>425</td><td>760</td><td>117</td></tr></table></div>				A	B	C		425	310	117		425	460	117		425	610	117		425	760	117
	A	B	C																			
	425	310	117																			
	425	460	117																			
	425	610	117																			
	425	760	117																			


Taula 4.8. Full d'especificacions del quadre de proteccions.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Interruptor magnetotèrmic	Data: 04-01-2007
Funció: Protegir el circuit contra sobrecarregues i curtcircuits.		
Marca comercial: Legrand	Model: Unipolar + neutre 32 A	
Dades tècniques: Unipolar + neutre 230 V Poder de tall 6000 A Intensitat nominal 32 A	Esquema/Imatge:  6030 07	


Taula 4.9. Full d'especificacions de l'interruptor magnetotèrmic.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Interruptor general manual (ICP-M)	Data: 04-01-2007
Funció:		
Marca comercial: Legrand	Model: Unipolar + neutre 35 A	
Dades tècniques: Interruptor de control de potència de l'abonat. Corva ICP-M segons la Norma UNE 20317 Unipolar + neutre 230 V Poder de tall 6000 A Intensitat nominal 35 A	Esquema/Imatge:  033 84	


Taula 4.10. Full d'especificacions de l'interruptor general (ICP-M)

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Limitador de sobretensions	Data: 04-01-2007
Funció: Protegir la instal·lació contra sobretensions d'origen atmosfèric.		
Marca comercial: Legrand	Model: Capacitat estandar. Tipus 2.	
Dades tècniques: Protecció de receptors molt sensibles. (categoria I. ITC-BT-23 REBT. Nivell de protecció: 1,2 kV Imax: 15 kA Tensió 230 V.	Esquema/Imatge: 	


Taula 4.11. Full d'especificacions del limitador de sobretensions.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Interruptor diferencial	Data: 04-01-2007
Funció: Protegir la instal·lacions contra contactes indirectes.		
Marca comercial: Legrand	Model: 40 A	
Dades tècniques: Bipolar 230 V i 30 mA Intensitat nominal 40A Utilització: instal·lacions domèstiques.	Esquema/Imatge: 	

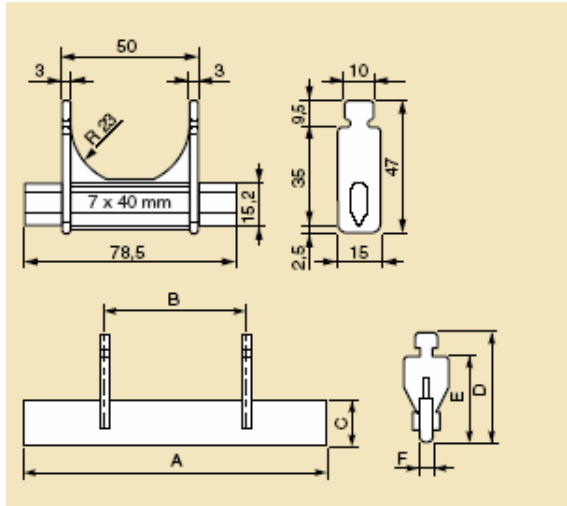
Taula 4.12. Full d'especificacions de l'interruptor diferencial.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Interruptor manual seccionador.	Data: 04-01-2007
Funció: Aïllar manualment la instal·lació fotovoltaica de la xarxa elèctrica		
Marca comercial: Legrand	Model: Vistop tall visible.	
Dades tècniques: Calibe 32 A i 230 V	Esquema/Imatge: 	


Taula 4.13. Full d'especificacions de l'interruptor manual seccionador.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Fusible	Data: 04-01-2007
Funció: Protegir l'entrada de DC de l'inversor en front curtcircuits i pujades de tensió.		
Marca comercial: Legrand	Model: Cilíndric tipus gG 6A	
Dades tècniques: Conforme norma UNE 21103 Poder de tall 10000 A Intensitat nominal 6 A	Esquema/Imatge: 	


Taula 4.14. Full d'especificacions del fusible.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Bases porta fusibles	Data: 04-01-2007
Funció: Subjectar i els fusibles.		
Marca comercial: Legrand	Model: Ekinox TX	
Dades tècniques:	Esquema/Imatge: 	

Taula 4.15. Full d'especificacions de la base porta fusibles.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Regleta de connexió	Data: 04-01-2007
Funció: Connectar les tres línies fotovoltaiques en paral·lel.		
Marca comercial: Legrand	Model: Universal	
Dades tècniques: Entrades: 1 Sortides: 4 Longitud: 47 mm Intensitat màxima 100 A i 400 V Es munten sobre platina de 12 x 2 mm.	Esquema/Imatge: 	

Taula 4.16. Full d'especificacions de la regleta de connexions.

Projecte: Instal·lació fotovoltaica en una vivenda unifamiliar.	Nom: Estructura de suport dels panells	Data: 04-01-2007
Funció: Fixar el mòduls fotovoltaics a la teulada.		
Marca comercial:	Model:	
Dades tècniques: Inclinació 36° Unions cargolades	Esquema/Imatge: 	
Materials de construcció: Acer laminat i galvanitzats amb un gruix de 200 micres.		

Taula 4.17. Full d'especificacions de l'estructura de suport.

5. ESTAT D'AMIDAMENTS

Índex de l'Estat d'amidaments

<i>Índex de l'Estat d'amidaments</i>	<i>166</i>
<i>5.1. Relació de partides</i>	<i>167</i>
<i>5.2. Estat d'amidaments per partides</i>	<i>168</i>
5.2.1. Partida 1: Sistema fotovoltaic	168
5.2.2. Partida 2: Sistema elèctric	168
5.2.3. Partida 3: Mà d'obra	169

5.1. Relació de partides

- Partida 1: Sistema fotovoltaic
- Partida 2: Sistema elèctric
- Partida 3: Mà d'obra

5.2. Estat d'amidaments per partides

5.2.1. Partida 1: Sistema fotovoltaic

Concepte	Quantitat	Unitat
Mòdul fotovoltaic BP SOLAR 180	30	Ut
Estructura de suport mòduls fotovoltaics	30	Ut
Cargol de M8 x 16 mm d'acer per subjectar els mòduls a l'estructura	120	Ut
Inversor DC/AC Solarmax 6000C	1	Ut
Equip de control i diagnòstic MaxComm	1	Ut

Taula 5.1. Amidaments de la partida 1.

5.2.2. Partida 2: Sistema elèctric

Concepte	Quantitat	Unitat
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color blau	15	MI
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color marró	15	MI
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color verd	15	MI
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color vermell	2	MI
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color negre	2	MI
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color verd	2	MI
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color verd	10	MI
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color vermell	10	MI

Taula 5.2. Amidaments de la partida 2.

Concepte	Quantitat	Unitat
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color negre	10	MI
Tub de protecció Aiscan – RHF de diàmetre 16 mm	70	MI
Tub flexible Aiscan - Acoplast de diàmetre 63 mm	10	MI
Brida de subjecció CH de diàmetre 16 mm	70	Ut
Fusible tipus gG de 6 A amb un poder de tall de 10000 A.	6	Ut
Base portafusibles Ekinox TX	6	Ut
Limitador de sobretensions de protecció classe II amb un temps d'actuació de 25 ns, un corrent d'actuació de 15 kA i una intensitat nominal de 5 kA amb un nivell de protecció de 1,2 kV	1	Ut
Interruptor general manual ICP-M unipolar + neutre 230 V amb un poder de tall de 6000 A i una intensitat de 35 A.	1	Ut
Interruptor magnetotèrmic unipolar + neutre 230 V de 32.	1	Ut
Interruptor diferencial de 30 mA amb un temps de desconexió inferior a 0,02 s i una intensitat nominal de 40 A.	1	Ut
Interruptor manual unipolar vistop de tall visible.	1	Ut
Regleta de connexions universal.	2	Ut
Quadre de proteccions IP 54-9 de polièster amb fibra de vidre autoextingible, de color RAL 7032, portes de xapa d'acer de 1 mm gruix i de mides 300x975x590 mm.	1	Ut
Caixa de protecció i mesura segons ITC-BT-13, IP 43 i IK 09 precintable.	1	Ut
Pica presa de terra de coure de 2 m	1	Ut
Conductor de coure presa de terra 16 mm	1	Ut
Comptador de corrent Kamestrup Monofàsic 162 de dimensions 90x125x44 mm, segons ITC-BT-16.	2	Ut

Taula 5.3. Amidaments de la partida 2 (continuació).

5.2.3. Partida 3: Mà d'obra

Concepte	Quantitat	Unitat
Oficial de primera electricista	45	H
Ajudant d'electricista	45	H

Taula 5.4. Amidaments de la partida 3.

6.PRESSUPOST

Índex del Pressupost

<i>Índex del Pressupost.....</i>	<i>171</i>
<i>6.1. Preus unitaris</i>	<i>172</i>
6.1.1. <i>Preus unitaris de la partida 1: Sistema fotovoltaic</i>	<i>172</i>
6.1.2. <i>Preus unitaris de la partida 2: Sistema elèctric</i>	<i>172</i>
6.1.3. <i>Preus unitaris de la partida 3: Mà d'obra</i>	<i>174</i>
<i>6.2. Pressupost per partides</i>	<i>175</i>
6.2.1. <i>Pressupost de la partida 1: Sistema fotovoltaic</i>	<i>175</i>
6.2.2. <i>Pressupost de la partida 2: Sistema elèctric</i>	<i>175</i>
6.2.3. <i>Pressupost de la partida 3: Mà d'obra.....</i>	<i>177</i>
6.2.4. <i>Resum del pressupost per partides</i>	<i>177</i>
<i>6.3. Pressupost general</i>	<i>178</i>

6.1. Preus unitaris

6.1.1. Preus unitaris de la partida 1: Sistema fotovoltaic

Concepte	Unitat	Preu unitari (€)
Mòdul fotovoltaic BP SOLAR 180	Ut	710,00
Estructura de suport mòduls fotovoltaics	Ut	40,00
Cargol de M8 x 16 mm d'acer per subjectar els mòduls a l'estructura	Ut	1,30
Inversor DC/AC Solarmax 6000C	Ut	3569,83
Equip de control i diagnòstic MaxComm	Ut	354,00

Taula 6.1. Preus unitaris de la partida 1.

6.1.2. Preus unitaris de la partida 2: Sistema elèctric

Concepte	Unitat	Preu unitari (€)
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color blau	Ml	0,90
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color marró	Ml	0,90
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color verd	Ml	0,90
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color vermell	Ml	0,70
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color negre	Ml	0,70
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color verd	Ml	0,70
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color verd	Ml	0,40
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color vermell	Ml	0,40

Taula 6.2. Preus unitaris de la partida 2.

Concepte	Unitat	Preu unitari (€)
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color negre	Ml	0,40
Tub de protecció Aiscan – RHF de diàmetre 16 mm	Ml	1,40
Tub flexible Aiscan - Acoplast de diàmetre 63 mm	Ml	0,90
Brida de subjecció CH de diàmetre 16 mm	Ut	1,20
Fusible tipus gG de 6 A amb un poder de tall de 10000 A.	Ut	7,39
Base portafusibles Ekinox TX	Ut	10,90
Limitador de sobretensions de protecció classe II amb un temps d'actuació de 25 ns ,un corrent d'actuació de 15 kA i una intensitat nominal de 5 kA amb un nivell de protecció de 1,2 kV	Ut	37,00
Interruptor general manual ICP-M unipolar + neutre 230 V amb un poder de tall de 6000 A i una intensitat de 35 A.	Ut	24,47
Interruptor magnetotèrmic unipolar + neutre 230 V de 32 A i amb un poder de tall de 6000 A	Ut	23,50
Interruptor diferencial de 30 mA amb un temps de desconexió inferior a 0,02 s i una intensitat nominal de 40 A.	Ut	28,77
Interruptor manual unipolar vistop de tall visible.	Ut	15,00
Regleta de connexions universal.	Ut	15,07
Quadre de proteccions IP 54-9 de polièster amb fibra de vidre autoextingible, de color RAL 7032, portes de xapa d'acer de 1 mm gruix i de mides 300x975x590 mm.	Ut	26,63
Caixa de protecció i mesura segons ITC-BT-13, IP 43 i IK 09 precintable.	Ut	182,34
Pica presa de terra de coure de 2 m	Ut	80,06
Conductor de coure presa de terra 16 mm	Ut	19,99
Comptador de corrent Kamestrup Monofàsic 162 de dimensions 90x125x44 mm, segons ITC-BT-16.	Ut	2,23

Taula 6.3. Preus unitaris de la partida 2 (continuació).

6.1.3. Preus unitaris de la partida 3: Mà d'obra

Concepte	Unitat	Preu unitari (€)
Oficial de primer electricista	H	14,03
Ajudant d'electricista	H	12,70

Taula 6.4. Preus unitaris de la partida 3.

6.2. Pressupost per partides

6.2.1. Pressupost de la partida 1: Sistema fotovoltaic

Concepte	Quantitat	Unitat	Preu unitari (€)	Import (€)
Mòdul fotovoltaic BP SOLAR 180	30	Ut	710,00	21.300,00
Estructura de suport mòduls fotovoltaics	30	Ut	40,00	1.200,00
Cargol de M8 x 16 mm d'acer per subjectar els mòduls a l'estructura	120	Ut	1,30	156,00
Inversor DC/AC Solarmax 6000C	1	Ut	3.569,83	3.569,83
Equip de control i diagnòstic MaxComm	1	Ut	354,00	354,00
Total				26.579,83

Taula 6.5. Preus unitaris de la partida 1.

6.2.2. Pressupost de la partida 2: Sistema elèctric

Concepte	Quantitat	Unitat	Preu unitari (€)	Import (€)
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color blau	15	MI	0,90	13,50
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color marró	15	MI	0,90	13,50
Conductor bipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 10 mm ² de color verd	15	MI	0,90	13,50
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color vermell	2	MI	0,70	1,40

Taula 6.6. Pressupost de la partida 2 (1).

Concepte	Quantitat	Unitat	Preu unitari (€)	Import (€)
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color negre	2	MI	0,70	1,40
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 4 mm ² de color verd	2	MI	0,70	1,40
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color verd	10	MI	0,40	4,00
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color vermell	10	MI	0,40	4,00
Conductor unipolar Fabriflex, classe 5, amb aïllament XPLE, coberta de PVC del tipus RV-K 0,61/1 kV de coure i secció 1,5 mm ² de color negre	10	MI	0,40	4,00
Tub de protecció Aiscan – RHF de diàmetre 16 mm	70	MI	1,40	98,00
Tub flexible Aiscan – Acoplast de diàmetre 63 mm	10	MI	0,90	9,00
Brida de subjecció CH de diàmetre 16 mm	70	Ut	1,20	84,00
Fusible tipus gG de 6 A amb un poder de tall de 10000 A.	6	Ut	7,39	22,17
Base portafusibles Ekinox TX	6	Ut	10,90	32,70
Limitador de sobretensions de protecció classe II amb un temps d'actuació de 25 ns, un corrent d'actuació de 15 kA i una intensitat nominal de 5 kA amb un nivell de protecció de 1,2 kV	1	Ut	37,00	37,00
Interruptor general manual ICP-M unipolar + neutre 230 V amb un poder de tall de 6000 A i una intensitat de 35 A.	1	Ut	24,47	24,47
Interruptor magnetotèrmic unipolar + neutre 230 V de 32 A i amb un poder de tall de 6000 A	1	Ut	23,50	23,50
Interruptor diferencial de 30 mA amb un temps de desconnexió inferior a 0,02 s i una intensitat nominal de 40 A.	1	Ut	28,77	28,77
Interruptor manual unipolar vistop de tall visible.	1	Ut	15,00	15,00

Taula 6.7. Pressupost de la partida 2 (2).

Concepte	Quantitat	Unitat	Preu unitari (€)	Import (€)
Regleta de connexions universal.	2	Ut	15,07	30,14
Quadre de proteccions IP 54-9 de polièster amb fibra de vidre autoextingible, de color RAL 7032, portes de xapa d'acer de 1 mm gruix i de mides 300x975x590 mm.	1	Ut	26,63	26,63
Caixa de protecció i mesura segons ITC-BT-13, IP 43 i IK 09 precintable.	1	Ut	182,34	182,34
Pica presa de terra de coure de 2 m	1	Ut	80,06	80,06
Conductor de coure presa de terra 16 mm	1	Ut	19,99	19,99
Comptador de corrent Kamestrup Monofàsic 162 de dimensions 90x125x44 mm, segons ITC-BT-16.	2	Ut	2,23	4,46
Total				774,93

Taula 6.8. Pressupost de la partida 2 (3).

6.2.3. Pressupost de la partida 3: Mà d'obra

Concepte	Quantitat	Unitat	Preu unitari (€)	Import (€)
Oficial de primer electricista	45	H	14,03	631,35
Ajudant d'electricista	45	H	12,70	571,50
Total				1.202,85

Taula 6.9. Pressupost de la partida 3.

6.2.4. Resum del pressupost per partides

Partida	Import (€)
Sistema fotovoltaic	26.579,83
Sistema elèctric	774,93
Mà d'obra	1.202,85
Total partides	28557,61

Taula 6.10. Resum del pressupost per partides

6.3. Pressupost general

	Import (€)
Sistema fotovoltaic	26.579,83
Sistema elèctric	774,93
Mà d'obra	1.202,85
Benefici industrial 6%	1.713,4566
Cost total del projecte sense IVA	3.0271,07
16% IVA	4.843,370
Cost total del projecte	35.114,44

Taula 6.11. Pressupost general.

El pressupost general de la instal·lació projectada és de **TRENTA-CINC MIL CENT CATORZE EUROS I QUARANTA-QUATRE CÈNTIMS**